

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Energetické nápoje a jejich přírodní alternativy

Barbora Čápková

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Barbora Čápová**
Osobní číslo: **C15456**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Energetické nápoje a jejich přírodní alternativy**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracujte literární rešerši:

1. V první části bakalářské práce vysvětlíte pojem energetický nápoj, popište jeho účinky na lidský organismus a chemické složení. Dále vyhledejte možné přírodní alternativy mající stejné účinky na organismus jako energetické nápoje.
2. V druhé části se věnujte možnostem stanovení účinných látek vyskytujících se v energetických nápojích a jejich přírodních alternativách. Zaměřte se hlavně na analytické separační metody.
3. Získané poznatky kriticky zhodnoťte.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Hájek, Ph.D.

Katedra analytické chemie

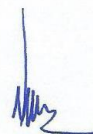
Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2018

Prohlašuji:

Bakalářskou práci na téma *Energetické nápoje a jejich přírodní alternativy*, jsem vypracovala samostatně a veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Barbora Čápková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomášovi Hájkovi Ph.D. za cenné rady, odborné připomínky a za vstřícný přístup při vedení mé bakalářské práce.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá energetickými nápoji, složením základních surovin energetických nápojů, složením biologicky aktivních látek a jejich účinků na lidský organismus. V druhé části jsou popsány možné náhrady energetických nápojů, jako jsou rostliny obsahující kofein a adaptogenní rostliny. V závěrečné části je popsáno možné stanovení biologicky aktivních látek v energetických nápojích, jako jsou kofein, taurin, L-karnitin, inositol nebo glukuronolakton, a stanovení biologicky aktivních látek v přírodních alternativách energetických nápojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetický nápoj, chemické složení, biologicky aktivní látky, kofein, adaptogenní rostliny

TITLE

Energy drinks and their natural substitutes

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with energy drinks, composition of basic raw materials, composition of biologically active substances and their effects on human organism. The second part describes possible substitutes for energy drinks, such as plants containing caffeine and adaptogenic plants. The final part describes possible determination of biologically active substances in energy drinks such as caffeine, taurine, L-carnitine, inositol and glucuronolactone. Furthermore, the work deals with the determination of biologically active substances in natural alternatives.

KEYWORDS

Energy drink, chemical composition, biologically active compounds, caffeine, adaptogenic plants

OBSAH

ÚVOD	12
1 Energetické nápoje	13
1.1 Legislativa a trh	13
1.2 Složení surovin	15
1.2.1 Voda	15
1.2.2 Sacharidy a sladidla.....	16
1.2.3 Aromata a barviva	19
1.2.4 Potravinářské kyseliny	20
1.2.5 Regulátory kyselosti.....	20
1.2.6 Konzervační látky	20
1.2.7 Stabilizátory	21
1.2.8 Koncentráty ovocných složek.....	21
1.3 Složení - Biologicky aktivní látky	21
1.3.1 Kofein	21
1.3.2 Taurin	23
1.3.3 L-karnitin	24
1.3.4 Inositol.....	25
1.3.5 D-glukuronolakton	26
1.3.6 Vitaminy	28
1.3.7 Ostatní látky.....	30
1.4 Účinky energetických nápojů	31
1.4.1 Vliv dávky kofeinu na účinek	31
1.4.2 Účinky energetických nápojů oslazených cukrem.....	31
1.4.3 Konzumace energetických nápojů s alkoholem.....	31
1.4.4 Vliv kofeinu na spánek.....	32
1.4.5 Vliv energetických nápojů na cirkadiánní systém	32
1.4.6 Efekt energetických nápojů na kardiovaskulární systém	32
1.4.7 Kofein a těhotenství	33
2 Přírodní alternativy	34

2.1	Rostliny obsahující kofein.....	34
2.1.1	Čajovník čínský (<i>Camellia sinensis</i>).....	34
2.1.2	Kávovník arabský (<i>Coffea arabica</i>).....	35
2.1.3	Cesmína paraguayská (<i>Ilex paraguariensis</i>)	35
2.2	Adaptogenní rostliny	36
2.2.1	Ženšen (<i>Panax ginseng</i>)	36
2.2.2	Eleuterokok ostnitý (<i>Eleutherococcus senticosus</i>)	38
2.2.3	Schizandra čínská (<i>Schisandra chinensis</i>).....	39
2.2.4	Rozchodnice růžová (<i>Rhodiola rosea</i>)	40
3	Metody stanovení aktivních látek.....	42
3.1	Stanovení aktivních látek v energetických nápojích.....	42
3.1.1	Stanovení kofeinu.....	42
3.1.2	Stanovení taurinu	42
3.1.3	Stanovení L-karnitinu.....	43
3.1.4	Stanovení inositolu	43
3.1.5	Stanovení glukuronolaktonu	43
3.2	Stanovení aktivních látek v přírodních alternativách energetických nápojů	44
3.2.1	Stanovení biologicky aktivních látek v ženšenu	44
3.2.2	Stanovení biologicky aktivních látek v eleuterokoku ostnitém	45
3.2.3	Stanovení biologicky aktivních látek ve schizandře čínské	45
3.2.4	Stanovení biologicky aktivních látek v rozchodnici růžové.....	46
4	Závěr	48
5	Literatura	49
6	Přílohy	60

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Energetická vitaminová voda (A), energetický syrovátkový nápoj (B) [1].....	14
Obrázek 2: Struktura sacharózy (A), sukralózy (B), aspartamu (C), acesulfamu K (D).....	18
Obrázek 3: Chemická struktura kofeinu	22
Obrázek 4: Chemická struktura taurinu.....	23
Obrázek 5: Chemická struktura karnitinu	24
Obrázek 6: Chemická struktura myoinositolu	25
Obrázek 7: Chemická struktura D-glukuronolaktonu	26
Obrázek 8: Ženšen (A), kořen ženšenu (B) [74].....	37
Obrázek 9: Eleuterokok (A), úprava kořene (B) [75]	38
Obrázek 10: Plody schizandry čínské [76]	40
Obrázek 11: Rozchodnice růžová (A), kořen rozchodnice (B) [78,80]	41
Obrázek 12: Chemická struktura ginsenosidu Rb1	45
Obrázek 13: Chemická struktura eleuterosidů E a B	45
Obrázek 14: Chemická struktura schizandrosidu A	46
Obrázek 15: Chemická struktura salidrosidu a tyrosolu.....	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání energetické hodnoty energetických nápojů s verzí bez cukru [1].....	19
Tabulka 2: Povolená koncentrace konzervantů v nápojích [21].....	20
Tabulka 3: Obsah kofeinu v nápojích [1,43,44]	22
Tabulka 4: Biologicky aktivní látky v energetických nápojích [1].....	27
Tabulka 5: Přehledová tabulka vitaminů rozpustných ve vodě [59,60]	29
Tabulka 6: Obsah vitaminů u značky Red Bull, Monster a Big Shock! [1]	30
Tabulka 7: Obsah kofeinu v rostlinách [66]	34

SEZNAM ZKRATEK

- ADI – Akceptovatelný denní příjem
- ADHD – Hyperaktivita s poruchou pozornosti
- ATP – Adenosintrifosfát
- CFS – Chronický únavový syndrom
- CNS – Centrální nervová soustava
- CoA – Koenzym A
- CV – Cyklická voltametrie
- DDD – Doporučená denní dávka
- DPV – Diferenční pulzní voltametrie
- EN – Energetický nápoj
- FLD – Fluorescenční detekce
- FTIR – Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
- GABA – Kyselina gama-aminomáselná
- GC – Plynová chromatografie
- H^1 -NMR – Nukleární magnetická rezonanční spektroskopie
- IC – Iontová chromatografie
- HPLC – Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
- HPTLC – Vysokoúčinná tenkovrstvá chromatografie
- MCE – Mikročipová kapilární elektroforéza
- MS – Hmotnostní spektrometrie
- LC – Kapalinová chromatografie
- LOD – Limit detekce
- OPA – O-ftalaldehyd
- NMR – Nukleární magnetická rezonanční spektrometrie
- NRV – Referenční hodnota živin
- ROS – Reaktivní formy kyslíku
- RNS – Reaktivní formy dusíku
- UHPLC – Ultra vysoce účinná kapalinová chromatografie

ÚVOD

Konzumace energetických nápojů je v dnešní uspěchané době velmi běžná. Nápoje jsou nejvíce oblíbeny u mladistvých. Další skupinou jsou studenti a pracující. V poslední řadě jsou populární u dálkových řidičů a sportovců. Konzumovány jsou pro jejich povzbuzující účinky na organismus. Složení těchto nápojů je velmi pestré. Jako u běžných nealkoholických nápojů je nejvíce zastoupena voda, sacharidy, sladidla a ovocné koncentráty. Pro udržení kvality nápoje s vhodnými sensorickými vlastnostmi se přidávají potravinářské kyseliny, regulátory kyselosti, stabilizátory, konzervanty, barviva a aroma. Látky, které z nápoje činí právě energetický nápoj jsou kofein, taurin, L-karnitin, inositol, glukuronolakton a další.

Konzumaci velkého množství sacharidů a kofeinu a jejich časté vkládání do jídelníčku je nutné zvážit. Při hojné konzumaci společně s dalšími zdroji kofeinu mohou mít energetické nápoje negativní účinky na lidský organizmus.

Pokud už konzument chce do své diety zahrnout tyto podpůrné nápoje, lze je suplementovat nápoji z rostlin obsahující kofein nebo jinými výluhy, tinkturami či kapslemi z adaptogenních rostlin.

1 ENERGETICKÉ NÁPOJE

Energetické nápoje (EN) jsou nápoje obsahující vysoké množství cukrů a aktivních složek, mezi které patří kofein, taurin, L-karnitin, inositol a glukuronolakton. Nápoje jsou dále doplněny vitaminy a bylinnými extrakty. Množství vitaminů často přesahuje doporučené denní dávky. Nápoj je konzumován pro svou schopnost zvýšit duševní pohodu, soustředěnost a fyzickou výkonnost. Děti a těhotné (kojící) ženy by neměly energetické nápoje konzumovat. Od sportovních nápojů se liší v tom, že tyto nápoje jsou primárně určeny k doplnění vody, sacharidů, iontů a dělí se na hypotonické, izotonické a hypertonické nápoje dle druhu sportovní aktivity a potřebného účinku [1-3].

Jelikož energetické nápoje obsahují sladidla, jsou povzbuzujícím nápojem a obsahují přidaný kofein, nesmí být dostupné pro žáky na základních školách, a to podle vyhlášky č. 282/2016 Sb., § 2 písm., o požadavcích na potraviny, pro které je přípustná reklama a které lze nabízet k prodeji a prodávat ve školách a školských zařízeních [4].

1.1 *Legislativa a trh*

Energetické nápoje mohou být brány jako potravina zvláštní výživy, ale svojí technologií se řadí k nealkoholickým nápojům. Podle vyhlášky č. 248/2018 Sb., § 2 písm., vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí, jsou nealkoholické nápoje veškeré nápoje s obsahem alkoholu nižším než 0,5 obj. % etanolu měřených při teplotě 20 °C [5]. Jsou vyrobeny z vody nebo minerální vody, ovocných, zeleninových, rostlinných nebo živočišných surovin a mohou být syceny oxidem uhličitým. Podle druhu se nealkoholické nápoje dělí na: ovocné a zeleninové šťávy, nektary, nealkoholické nápoje ochucené a nealkoholické nápoje neochucené [6].

Pro značení obalů platí určitá pravidla. Označování složek a dalších informací je řízeno Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 [7]. Pokud nápoj obsahuje látku, která má příznivý fyziologický účinek na organismus, musí být tato skutečnost zmíněna na obalu.

Označení „S vysokým obsahem kofeinu“ se používá, pokud je v nápoji více než 15 mg kofeinu ve 100 ml nápoje. Za tímto označením následuje skutečný obsah kofeinu, který je ve většině případů 32 mg/100 ml. Pro vitaminy a minerály toto značení neplatí, údaje se vyjadřují formou jednotek množství, a také jako procentuální podíl referenčních hodnot příjmu na 100 ml [8]. Pokud je na obalu vyznačeno „Bez energetické hodnoty“, nápoj neobsahuje více

než 4 kcal/100 ml, tedy 17kJ/100 ml. Dále se lze setkat se značením „Bez cukrů“. To platí pro nápoj, který neobsahuje více než 0,5 g cukrů na 100 ml. Další nutné označení „Obsahuje zdroj fenylalaninu“, se uvádí, pokud nápoj obsahuje zdroj fenylalaninu, na který jsou některé osoby citlivé. Jeho zdrojem je sladidlo aspartam [8,9]. Označení vyskytující se na všech energetických nápojích je následující: „Není vhodný pro děti, těhotné ženy a kojící ženy nebo pro osoby citlivé na kofein“ nebo „Nemíchat s alkoholem“ [1,10].

Spotřeba energetických nápojů zaznamenala v posledních několika desetiletích podstatný nárůst, zejména v západních a asijských zemích. Od druhé poloviny devadesátých let došlo na českém trhu k rozmachu energetických nápojů díky rakouské značce Red Bull a v roce 1995 také vznikl první český energetický nápoj Semtex. Dalším významným českým výrobcem energetických nápojů je od roku 2003 Big Shock. Na našem trhu se nyní nachází nepřehledné množství těchto nápojů, které jsou svým složením obdobné. Za nejvíce věrohodnou značku z pohledu nezávadnosti je pokládán Red Bull, který je současně nejvíce kupovaným nápojem u nás. Mezi další velké výrobce patří Monster, Big Shock, Semtex, Tiger Energy Drink, Rockstar Energy Drink a další.

Malou verzí energetického nápoje jsou energetické ampule. Nepatří do běžného sortimentu supermarketů, lze je koupit ve specializovaných fitness obchodech nebo na čerpacích stanicích [11-13]. V obchodních řetězcích jsou kromě klasických energetických nápojů dostupné i jejich modifikace. Jedná se o běžné výrobky, které jsou fortifikovány a mají konzumenta lákat ke koupi, jelikož obsahují ještě něco navíc. Nejčastěji se jedná o ochucené vody obsahující přidané aminokyseliny, kofein a vitaminy (A), dokonce i o mléčné výrobky (B), obsahující taurin, kofein a mohou být slazeny stévií, jak znázorňuje obrázek 1.



Obrázek 1: Energetická vitaminová voda (A), energetický syrovátkový nápoj (B) [1]

Zajímavou, zdravější alternativou ke klasickému energetickému nápoji je celkem nový energetický nápoj značky Erebos. Jedná se o bylinný výluh z ženšene pravého, guarany, ginkgo biloby, cesmíny paraguayské, rozchodnice růžové, koly pravé a dalších bylin. Nápoj je doslazován medem a třtinovým cukrem. Dále obsahuje pouze kyselinu citronovou, vitamin C, himalájskou sůl a přirozeně vyskytující se vitaminy a minerály. Obsah přírodního kofeinu je maximálně 32 mg/100ml [14].

Klasické energetické nápoje jsou nejčastěji plněny do hliníkových plechovek nebo neprůhledných plastových láhví. Distribuují se také ve větších baleních, „multipackech“, po 4 nebo 8 kusech. Velikost balení bývá různá, záleží na značce nápoje, např. 250 ml, 350 ml, 355 ml, 473 ml, 500 ml. Hliníkový obal má svá pozitiva: recyklovatelnost, rychlejší vychlazení nápoje, vynikající ochranu výrobku a dále neprůhlednost, která je potřebná pro ochranu fotolabilních vitaminů. Balení může být v některých případech velmi malé, pak hovoříme o energetických shotech. Energetické nápoje jsou poté plněny do malých plastových ampulí s nejpoužívanějším objemem 60 ml [1,12,13].

1.2 Složení surovin

Použití sladidel, regulátorů kyselosti, konzervantů, zahušťovadel, stabilizátorů a barviv se liší u každého výrobce a příchutě nápoje. V této kapitole je popsáno složení energetických nápojů, které se nejběžněji vyskytují v našich supermarketech [1].

Technologie nápojů vychází z "premixu", tedy smícháním surovin ve formě hustého sirupu. Sirup projde pasterací (při 85 °C, po dobu 15–30 s), a poté se promíchá v příslušných poměrech s předem upravenou vodou. Pokud má být konečný produkt sycený, je sirup smíchán s chlazenou sycenou vodou [15].

1.2.1 Voda

Používá se voda minerální nebo voda z vodovodní sítě, její jakost podléhá požadavku na jakost pitné vody. Požadavky zahrnují mikrobiologické, biologické, fyzikální a chemické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity. Přírodní minerální vodu lze upravit, odstraněním látek jako je železo, síra, a to pomocí filtrace či dekantace. Další důležitou úpravou je chlorace, oxidační ošetření síranem železnatým, vápnem a filtrace vody pískovými a uhlíkovými filtry. Přírodní minerální voda může být dosycena oxidem uhličitým [6,16].

1.2.2 Sacharidy a sladidla

Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, o potravinářských přídatných látkách, se monosacharidy, disacharidy a oligosacharidy nepovažují za aditivní látky. Sladidla lze však klasifikovat jako potravinářskou přídatnou látku, patřící do třídy náhradních sladidel [17]. Sladidla nahrazují použité sacharidy v nápojích, čímž jsou přizpůsobeny pro diabetiky, dále snižují energetickou hodnotu potravin pro konzumenty, kteří si hlídají přijaté kalorie [18]. Sladidla přírodní i syntetická jsou velmi malým zdrojem využitelné energie, a proto se dají pojmenovat jako nevyživová sladidla, jejichž sladivost je vyšší než u cukrů [6]. Nejvíce používaným sacharidem v nápojích je sacharóza. Sacharóza je běžný bílý řepný cukr, který se v těle štěpí na glukózu a fruktózu. Je modelovým cukrem, se kterým se porovnává sladivost jiných cukrů [19,20]. Nápoje jsou dále slazeny glukózovým sirupem, vyráběným obvykle z kukuřičného škrobu. Molekulu škrobu tvoří dlouhý řetězec složený z jednotek glukózy, hydrolyzou dochází k jeho rozštěpení na menší řetězce, tím se získávají kromě jiných látek také glukózo-fruktózové či fruktózo-glukózové sirupy. Škrob může být hydrolyzován buď kyselinou, nebo enzymem nebo kombinací obou. O glukózo-fruktózový sirup se jedná, jestliže sirup obsahuje více než 5 % fruktózy, nejčastěji je to však kolem 42 % fruktózy [18,21].

Fruktózový sirup lze také vyrobit z inulinu, jehož zdrojem je kořen čekanky. Je dvakrát sladší než sacharóza. Nezvyšuje hladinu glukózy v krvi, a proto je vhodný pro diabetiky [21,22]. Jako sladidlo se v energetických nápojích používá sukralóza, aspartam, acesulfam K, erythritol a také se lze setkat se steviolglykosidy. Sukralóza je sladidlo vyráběné chlorací sacharózy. Je bez pachuti a až 400–800x sladší než sacharóza [23]. U kombinací sladidel, lze dosáhnout zvýšené sladivosti díky synergickému působení např. aspartamu a acesulfamu K. Samostatně jsou přibližně 200x sladší než sacharóza, u synergického působení až 300x sladší než sacharóza [24].

Aspartam je další používané sladidlo. Jedná se o peptid vyrobený ze dvou aminokyselin, fenyloalaninu a kyseliny asparagové spojené metylesterovou vazbou. Je bez hořké chuti. V kyselém prostředí hydrolyzuje na dané aminokyseliny a methanol, jeho sladivost klesá. Tato degradace nastává i při dlouhodobém skladování. Aspartam snižuje hladinu cukru v krvi, je tedy vhodný pro diabetiky [6,24].

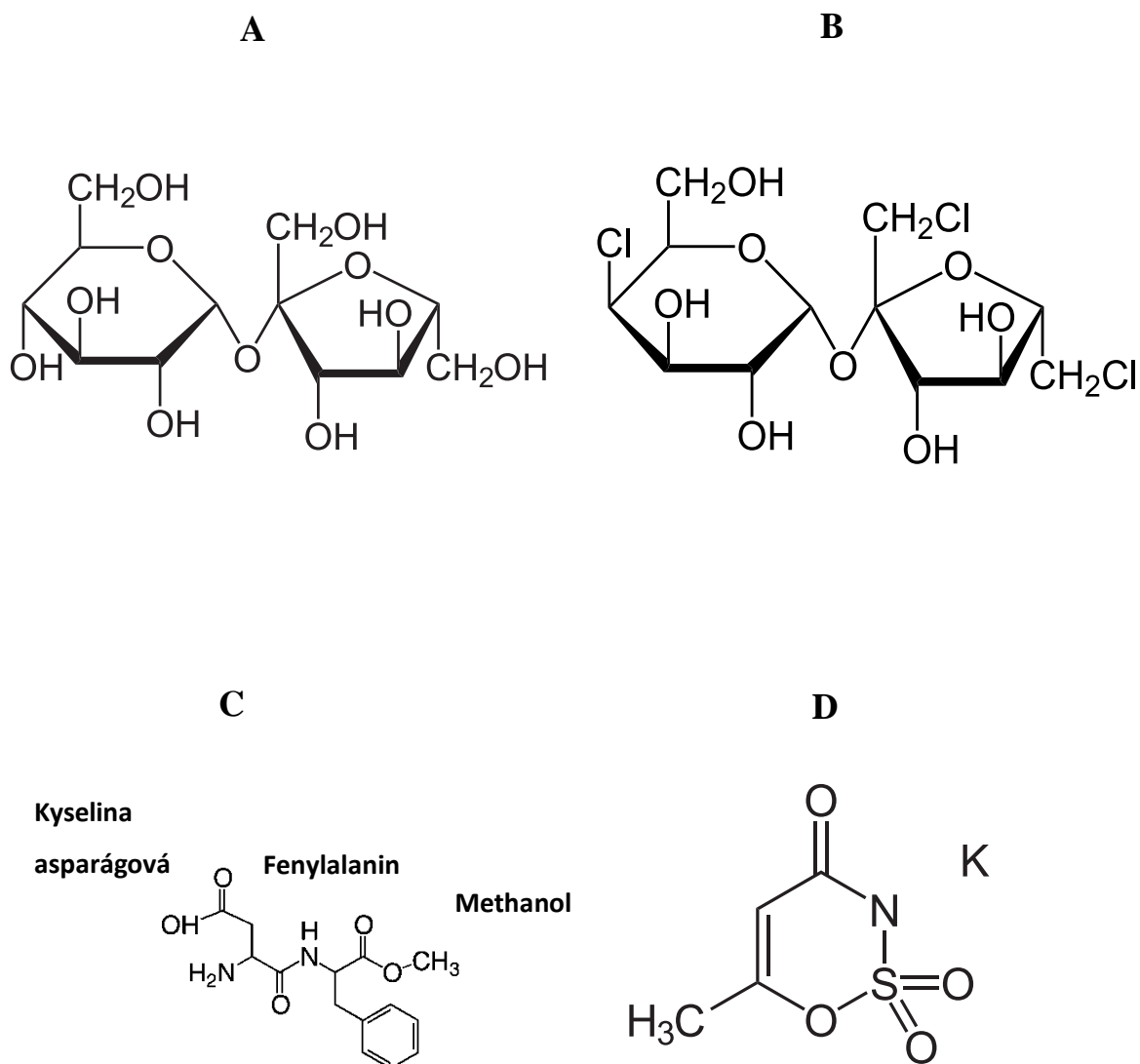
Acesulfam K je syntetické sladidlo, 6-methyl-1,2,3-oxathiazin-4(3H)-on-2,2-dioxid, mající slabě nahořklou chuť. V této podobě má nejvyšší sladkost. Vyrábí se syntézou kyseliny

sulfamové a diketenu, kdy nejprve vzniká acetoacetamid-N-sulfonové kyseliny. Tato vzniklá kyselina tvoří cyklickou strukturu za přítomnosti oxidu sírového. Posledním krokem syntézy je reakce s hydroxidem draselným, kdy vzniká draselná sůl neboli acesulfam K [6,24].

Erythritol se přidává do energetických nápojů jednak jako sladidlo, ale i jako látka zvýrazňující chuť. Využívá se jako bezkalorické sladidlo v práškové formě, nebo jako granulát. V malé míře se přirozeně vyskytuje v ovoci. Vzhledem se podobá sacharóze, má malou molekulovou velikost a organismus ji vylučuje v nezměněné formě. Vyrábí se přirozenou fermentací glukózy za použití kvasinek *Moniliella oplanis*. Výchozími surovinami pro výrobu jsou dextróza nebo sacharózový roztok. Výsledkem je poté směs polyalkoholů převážně obsahující erythritol, stopové nečistoty a těla buněk. Pro získání erythritolu v 99% čistotě je potřeba separačních kroků jako filtrace a následná krystalizace přečištěného roztoku [1,24,25].

Stévie je malý keř s přirozeným výskytem v Paraguayi. Používá se jako přírodní bezkalorické sladidlo, nefermentující, termostabilní až do 198 °C a stabilní v kyselém prostředí. Je přibližně 300x sladší než sacharóza. Její sladkost je způsobena stevioly. Mezi další sladké složky stévie patří steviolbiosidy, rebaudiosidy A–E a dulcosidy A. Na výrobcích je sladidlo označeno názvem steviol-glykosidy. ADI odpovídá 4 mg/kg tělesné hmotnosti. Hodnota ADI neboli akceptovatelný denní příjem, je množství látky, které může být bezpečně konzumováno ve stravě denně po celou dobu života bez nepříznivého vlivu na zdraví jedince. Používá se u sladidel, barviv, konzervantů a dalších přísad. Hodnota je uváděna v mg látky na kg tělesné hmotnosti za den. Toto sladidlo patří do seznamu potravinářských přídatných látek s označením E 960. Sladit lze práškem z rozemletých usušených listů nebo extrakčně získaným bílým práškem [18,21,26,27].

Na obrázku 2 je znázorněna chemická struktura sacharózy (A), sukralózy (B), aspartamu (C), acesulfamu K (D).



Obrázek 2: Struktura sacharózy (A), sukralózy (B), aspartamu (C), acesulfamu K (D)

Z pohledu přijatých kJ jsou sacharidy hlavním zdrojem energie v energetických nápojích. Obsah tuků a bílkovin je téměř nulový. Energetická hodnota 1 g sacharidů odpovídá 17 kJ. Minimální denní příjem sacharidů je 50 g, maximální pak 500 g. Ve většině případů je denní příjem sacharidů v rozmezí 100–300 g. Na obalech nápojů se energetická hodnota sacharidů vztahuje na průměrnou dospělou osobu s denním příjmem 8400 kJ [1,28].

Konzumací dvou nápojů, Monster Energy The Doctor, o objemu 500 ml, přijmeme až 174 g sacharidů, z toho 156 g cukru [1]. Tabulka 1 znázorňuje rozdíl energetické hodnoty nápojů slazených sacharidy a sladidly, s "sugar free" verzí.

Tabulka 1: Porovnání energetické hodnoty energetických nápojů s verzí bez cukru [1]

Výrobce	Varianta	Sacharidy [g]	Z toho cukry [g]	Energetická hodnota [kJ/100 ml]
Monster	The Doctor VR/46	17	16	298
Monster	Lewis Hamilton	5,2	4,2	91
Monster	Assault energy	12	11	196
Monster*	Energy ultra	0,9	0	10
Red Bull	Energy drink	11	11	194
Red Bull*	Sugar free	0	0	13
Big Shock	Galaxy drink	12,5	12,5	221
Big Shock	Cherry	13	12,9	232
Big Shock*	Zero sugar	0,02	0,02	8
Semtex	Original	12	12	211
Semtex	Forte	11	11	196
Semtex*	NØ sugar	< 0,5	< 0,5	16

*Vyznačené nápoje jsou se sníženým obsahem cukrů.

1.2.3 Aromata a barviva

Aromata a barviva se přidávají pro podporu sensorické vlastnosti nápojů. Mezi sensorické vlastnosti v tomto případě patří barva nápoje a jeho vůně. Nápoje se nejen dobarvují, ale díky barvivům lze pozorovat případné kvalitativní změny během skladování. Mezi změny patří odlišné aroma a zhoršení barvy způsobené například kolísáním teplot nebo účinky mikrobiální spotřeby. Aromata se dělí na: aromatické látky přírodní, aromata přírodně identická a aromata syntetická. Aromata jsou roztoky aromatických látek v ethanolu o koncentraci 0,2–2% [6,8].

Mezi nejčastěji vyskytující se přírodní barviva v energetických nápojích lze zařadit riboflavin (E101), karmín (E120), amoniak sulfitový karamel (E150d), anthokyany (E163) a karoteny (E160a). Nejvíce používaná syntetická barviva u energetických nápojů jsou chinolinová žluť (E104), azorubin (E122) a brilantní modř FCF (E133) [21,29,30].

1.2.4 Potravinářské kyseliny

Kyselé látky stimulují chuťové pohárky, zvětšují tok slin a tímto mechanismem zvyšují konzumentovu chuť na nápoj. Dále snižují hodnotu pH v nápojích, čímž i částečně eliminují rozvoj patogenů. Hodnota pH u energetických nápojů se pohybuje okolo 3,5–4. Častá konzumace může vést k porušení zubní skloviny. Nejpoužívanější kyselina citronová byla původně vyráběna lisováním plodů citronů, limetek a bergamotu a srážena na její vápenatou sůl, poté čištěna. Nyní se vyrábí pomocí cukrů enzymaticky nebo fermentací prostřednictvím plísně *Aspergillus niger* z melasy.

Dalšími velmi často používanými kyselinami v potravinářství jsou kyselina vinná, kyselina uhličitá a kyselina fosforečná [6,21,31]. Kyselina askorbová neplní funkci stabilizátoru, ale přidává se jako antioxidant. Zabraňuje možnému hnědnutí použitých ovocných šťáv [21].

1.2.5 Regulátory kyselosti

Regulátory kyselosti jsou zejména organické nebo minerální kyseliny, zásady, neutralizační činidla, pufrы, které upravují hodnotu pH [32]. V energetických nápojích se nejvíce používá citrát sodný, fosfát draselný, uhličitán hořečnatý, fosforečnan draselný, mléčnan vápenatý, citronan sodný, hydrogenuhličitán sodný [1].

1.2.6 Konzervační látky

Benzoáty a sorbáty se přidávají jako antimikrobiální konzervační látky, aby produkt nekvasil, neobsahoval plísně a měl přijatelnou chuť do doby minimální spotřeby. Ve vzácných případech mohou konzervační látky způsobovat kopřivku, návaly horka či zhoršovat astma [21,32,33]. Tabulka 2 znázorňuje nejčastěji používané stabilizátory v nápojích a jejich povolené koncentrace.

Tabulka 2: Povolená koncentrace konzervantů v nápojích [21]

Stabilizátor	Označení	Koncentrace [mg/l]
Kyselina benzoová	E210	150
Kyselina sorbová	E200	300
K.benzoová/sorbová kombinace	E210/E200	150/250
Oxid siřičitý	E220	20

1.2.7 Stabilizátory

Ke stabilizaci nápoje se používá arabská guma, xantanová guma, pektin a glycerolestery dřevných pryskyřic. Arabská guma je ve vodě rozpustná adhezivní látka, odvozená od sacharidů. Jedná se o draselné, hořečnaté, vápenaté soli kyselých polysacharidů. Pravou arabskou gumu produkuje strom druhu akácie, vyskytující se v Nigerii, Súdánu, Senegal, Libyi, Tunisku a Tanzanii. Získává se sběrem přirozeně vyskytujících se exsudátů na kůře. Sběr lze podpořit naříznutím kůry [22,34]. Xantanová guma je polysacharid vzniklý jako produkt aerobní fermentace rodu *Xanthomona campestris* [22]. Pektin je polysacharid vyskytující se v plodech rostlin a jejich slupkách. Obsahuje kolem 65 % hmotnostních jednotek kyseliny galakturonové. Zde má funkci udržovat tvar plodů, při úplném dozrání je již pektin rozložen na jednoduché cukry a ovoce měkne, tvar se degraduje. Zdrojem pektinu pro potravinářský průmysl jsou citrusové plody a jablečné výlisky [35,36]. Glycerolestery dřevných pryskyřic jsou stabilizátory vyráběné extrakcí z kmenů borovic. U nápojů na českém trhu ho nalezneme pouze v zakalených nealkoholických nápojích, a to většinou s citrusovou příchutí [37].

1.2.8 Koncentráty ovocných složek

Některé energetické nápoje s ovocnou příchutí obsahují nejenom aroma, cukry a sladidla ale i malý podíl ovocné složky. V nápojích se používají ovocné šťávy z koncentrátu. Podle vyhlášky č. 248/2018 Sb., vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí, je ovocnou nebo zeleninovou šťávou z koncentrátu výrobek získaný z koncentrované ovocné nebo zeleninové šťávy opětovným doplněním takového podílu pitné vody, jaký byl odstraněn při koncentraci šťávy [5].

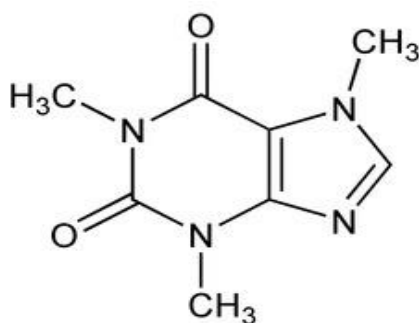
1.3 Složení - Biologicky aktivní látky

Biologicky aktivní látky jsou takové, které interagují s přirozenými mechanismy v lidském těle. Mohou stimulovat či brzdit vyplavování hormonů, snižovat či podporovat funkci receptorů a ovlivňovat metabolismus cukrů, tuků a bílkovin.

1.3.1 Kofein

Kofein je rostlinný alkaloid, 1,3,7-trimethylxantin. V čisté formě se jedná o hořký bílý prášek bez zápachu. V rostlinách se vyskytuje společně s theobrominem a theofylinem [38]. Kofein stimuluje centrální nervový systém, při vhodném dávkování snižuje únavu a ospalost.

Podporuje kontrakci kosterního svalstva a sekreci žaludku, působí diureticky [39]. Obrázek 3 znázorňuje chemickou strukturu kofeinu. Kofein se skládá z hlavní purinové báze xantinu a okolo jsou napojeny tři methylové skupiny.



Obrázek 3: Chemická struktura kofeinu

Vyskytuje se v kávě (*Coffea arabica*), čaji (*Camellia sinensis*), kakau (*Theobroma cacao*), semenech koly (*Cola acuminata*) nebo guaraně (pasta ze semen *Paullinia cupana*) [40,41]. Smrtná dávka je asi 10–14 g, tedy 150–200 mg/kg tělesné váhy. Limit kofeinu v nápojích odpovídá (320 mg/l). Nadměrná konzumace způsobuje nespavost, nechutenství, úbytek na váze, pocity horka či mrazení [19,38,42]. V tabulce 3 jsou uvedeny nejčastěji konzumované nápoje obsahující kofein.

Tabulka 3: Obsah kofeinu v nápojích [1,43,44]

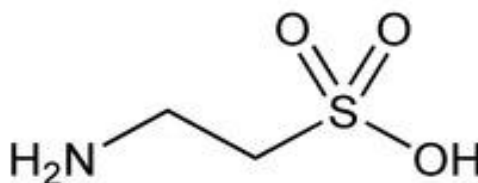
Zdroj	Obsah kofeinu [mg/ml]	Běžný objem dávky [ml]	Obsah kofeinu v dávce [mg]
Espresso	1,92	30	57,75
Mletá vařená káva	0,56	250	141,6
Instantní káva	0,4	250	100
Káva bez kofeinu	0,02	250	5
Energetický nápoj	0,32	500	160
Čaj	0,2	250	50
Instantní čaj	0,13	250	32,5
Cola	0,1	500	50
Čokoládové mléko	0,026	250	6,5

Biochemie a fyziologie

Kofein se již po 45 min od požití absorbuje z 99 %. Rychle se vstřebává přes gastrovaskulární trakt a v těle se transportuje vodou, ale jelikož je lipofilní, projde i přes všechny biologické membrány [38]. Metabolizuje se systémem cytochrom P450 na paraxantin z 80 %, a dalšími produkty jsou theophyllin, a theobromin a deriváty kyseliny močové. Méně než 2 % z celkového přijatého kofeinu, projde organismem beze změny [43]. Kofein ovlivňuje srdeční funkci, ledviny, respirační činnost, hladké svalstvo, náladu, paměť a ostražitost. Kofein je antagonistou adenosinu, inhibítozem fosfodiesterázy, uvolňuje vápník z intercelulárních zásob, antagonistou benzodiazepinových receptorů [38,42]. Vysoké množství kofeinu zvyšuje termogenezi a metabolismus lipidů, zvyšuje výdej energie a rychlost metabolismu prostřednictvím inhibice fosfodiesterázy [45]. Právě blokování adenosinových receptorů a inhibice fosfodiesterázy se ukazuje jako nejdůležitější mechanismus pro dodávání energie v energetických nápojích [38].

1.3.2 Taurin

Taurin je neesenciální aminokyselinou, ale na rozdíl od klasických aminokyselin nemá ve struktuře karboxylovou kyselinu ale sulfonovou. Díky tomu netvoří proteiny, ale vyskytuje se v těle volně. Jedná se o 2-aminoetansulfonovou kyselinu. Název taurin vychází ze slova taurus (býk), jelikož byl poprvé izolován z býčí žluči. Tělo si ho dokáže syntetizovat z aminokyselin cysteinu a methioninu za přítomnosti vitamínu B₆ [19,46,47]. Taurin je obsažen nejvíce v živočišné bílkovině, v rostlinné se téměř nevyskytuje. Vegetariáni mohou mít problém s jeho syntézou. Obsahuje ho kosterní systém, srdeční sval a centrální nervová soustava. Vysoký obsah taurinu je v mořských plodech (měkkýši, korýši) a to 300–800 mg na 100 g. Dalším významným zdrojem jsou červené řasy. Energetický nápoj Red Bull obsahuje přibližně 1 g taurinu v 250 ml plechovce [23,48,49]. Nejvyšší povolená koncentrace v nápojích je 4000 mg/l [19]. Na obrázku 4 je znázorněna chemická struktura taurinu se sulfonylovou a aminoskupinou.



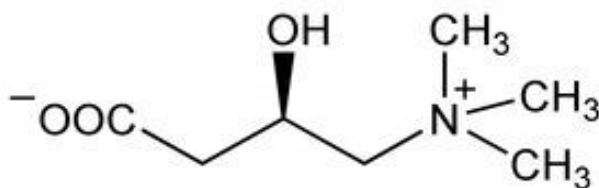
Obrázek 4: Chemická struktura taurinu

Biochemie a fyziologie

Taurin přechází přes plazmatickou membránu díky transportérům TauT a PAT1 [49]. Působí jako antagonist receptorů GABA, což by mohlo odůvodnit jeho přidávání do nápoje. Podporuje učení, zlepšuje náladu a snižuje úzkost [50]. Stejně jako L-karnitin snižuje hladinu intracelulárního acetyl-CoA. Koncentrace taurinu v krevní plazmě se zvyšuje při cvičení. Při dávkování 500–1000 mg taurinu 30 min před výkonem, zlepšuje koordinaci a potlačuje únavu. Stimuluje mozek a zlepšuje koncentraci [19]. U obézních pacientů může snižovat hladinu triglyceridů v plazmě, hladinu glykémie však taurin nesnižuje [49]. Pokud je v energetickém nápoj zastoupen taurin s kofeinem, pak taurin mnohonásobně zesiluje účinky kofeinu [19].

1.3.3 L-karnitin

Jedná se o β -hydroxy- γ -trimethylamoniumbutyrát, který je chirální sloučeninou s jedním chirálním centrem, vyskytující se ve dvou optických izomerech: D-karnitin, L-karnitin. Používá se pouze L-forma, D-forma nemá žádnou fyziologickou funkci a může být toxická [19,42,48]. Může být syntetizován v játrech a ledvinách z esenciálních aminokyselin lysinu a methioninu. V těle se vyskytuje jako acetyl-L-karnitin, který zlepšuje výkon, snižuje svalové poškození a zvyšuje hladinu ATP. Forma propinyl-L-karnitin je produktem katabolismu aminokyselin, snižuje buněčné poškození při napadání buněčných struktur radikály. Zvyšuje produkci oxidu dusnatého, čímž podporuje krevní oběh a reguluje krevní tlak. L-karnitin-L-tartrát se přidává do sportovních doplňků [51]. Obrázek 5 znázorňuje chemickou strukturu karnitinu.



Obrázek 5: Chemická struktura karnitinu

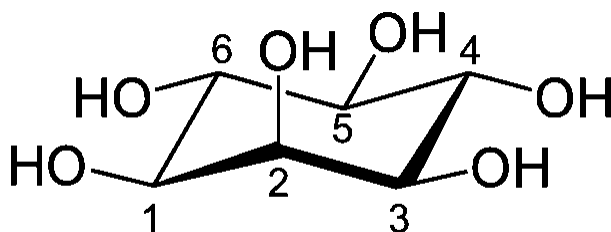
Vyskytuje se ve skeletální svalovině zvířat a ve velké míře pak v hovězím mase (např. 1300 mg/kg). Tělo si karnitin také syntetizuje samo, a to z aminokyselin L-lysinu, L-methioninu a L-glycinu, za přítomnosti vitamínu C, vitamínu B₆ [48,52]. DDD je mezi 100–300 mg. U sportovců se nepovažuje za doping [42].

Biochemie a fyziologie

Karnitin hraje rozhodující roli v produkci energie a metabolismu tuků. Přepravuje mastné kyseliny s dlouhým řetězcem přes vnitřní mitochondriální membrány. Díky procesu β -oxidace se mastné kyseliny „spálí“, čímž vyprodukují biologickou energii. L-karnitin užívají sportovci nejen pro zvýšení své výkonnosti, ale také pro přímé spalování tuků při pohybové aktivitě. Karnitin dále zlepšuje schopnost krve přenášet kyslík a tím napomáhá ve stresových situacích. Používá se při léčení ischemické choroby srdeční, snižuje riziko infarktu a kontroluje hypoglykémii. Pomáhají lidskému tělu při snižování úrovně cholesterolu a zlepšuje absorpci vápníku [42,48,51].

1.3.4 Inositol

Inositol je malá molekula, označovaná jako jeden z vitaminů B-komplexu. Strukturně je to však cyklohexanhexol, plnící funkci fosforylovaných sloučenin, fosfoinositidů. Inositol má devět stereoisomerů. Myoinositol je v organismu zastoupen nejhojněji. Sloučeniny se podílí na přenosu signálů, včetně diacylglycerolu a inositoltrifosfátu [53]. Na obrázku 6 je znázorněna chemická struktura inositolu vycházející z cyklického alkoholu s šesti hydroxyskupinami.



Obrázek 6: Chemická struktura myoinositolu

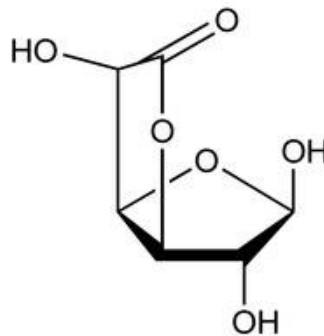
Nachází se v zelenině, ovoci, cereáliích, mase a mléce. Vysoká koncentrace myoinositolu je také v mateřském mléce, 1200 $\mu\text{mol/l}$ [53]. Obsah inositolu v nápoji by neměl přesáhnout hodnotu 200 mg/l. V energetickém nápoji je přibližně 20 mg/100 ml [1].

Biochemie a fyziologie

V organismu se nachází ve formě fosfátových esterů, z nichž mnohé jsou významnými signálními molekulami v buňce. Z těch nejvýznamnějších to je inositol-1-fosfát, inositol-1, 4, 5-trifosfát a inositol-1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakisfosfát neboli kyselina fytová. Deriváty inositolu regulují metabolismus u mikroorganismů, rostlin a živočichů, protože se váží na specifické receptory, jsou to neuromediátory a neuromoduláty [19]. Myoinositol společně s melatoninem a kyselinou listovou se používají pro zlepšení kvality oocytů u neplodných žen [54].

1.3.5 D-glukuronolakton

Jedná se o cukerný derivát kyseliny D-glukuronové. Přidává se nejen do energetických nápojů, ale i do přípravků obsahující rostlinné extrakty, kde posiluje jejich adaptogenní účinek. Na obrázku 7 je znázorněna cyklická struktura laktonu D-glukuronové kyseliny [55].



Obrázek 7: Chemická struktura D-glukuronolaktonu

Vyskytuje se téměř ve všech pojivových a vláknitých tkáních v živočišném těle, dále je běžnou součástí rostlinných pletiv. Neměl by být podáván těhotným ženám a dětem. Běžná nutriční dávka je okolo 200–600 mg denně [55].

Biochemie a fyziologie

Společně s taurinem, inositolem a vitaminy zlepšuje lidský metabolismus. Ve studiích *in vitro* bylo zjištěno, že chrání neurony před poškozením a má protistresový účinek. Zlepšuje stav tepenných stěn a předchází vzniku mozkové aterosklerózy. Může mít příznivý vliv na úbytek hmotnosti, jelikož snižuje množství tělesného tuku. Přidává se do podpůrných směsí

používaných při léčbě alkoholismu. Ovlivňuje metabolismus jaterních buněk a chrání je před poškozením způsobeným toxiny ze stravy, či intoxikací podávanými léky. Jeho přidávání do nápojů by mohlo být opodstatněno tím, že nemá údajně vyčerpávací efekt, jak je tomu u velkých dávek kofeinu [55].

V tabulce 4 je uveden výčet nejrozšířenějších značek nápojů a výskyt biologicky aktivních látek ve 100 ml energetického nápoje. Nápoje obsahují větší škálu těchto látek a jejich různé kombinace a odlišné obsahy. Jeden výrobce vyrábí různé příchutě nápojů a ty ne vždy obsahují všechny zmíněné látky. Pokud se daná biologická sloučenina vyskytovala alespoň v jednom nápoji stejné značky a nebyl u ní uveden obsah, je tato skutečnost v tabulce 4 značena jako "Ano". U všech nápojů v tabulce se lze vždy setkat s kofeinem a taurinem. Nejméně výrobci přidávají karnitin [1].

Tabulka 4: Biologicky aktivní látky v energetických nápojích [1]

Nápoj [100 ml]	Kofein [mg]	Taurin [mg]	Karnitin [mg]	Inositol [mg]	Glukuronolakton [mg]
Monster	30	400	4	20	Ano
Red Bull	30	400	-	-	-
Big Shock	32	400	-	Ano	-
Semtex	32	400	-	20	-
Rock Star	30	400	-	10	24
Tiger	30	400	-	20	-
Crazy Wolf	30	380	-	16	-
Fakeer	20	200	-	-	-
Smarty ŠpRt	32	400	-	-	-

1.3.6 Vitaminy

V energetických nápojích jsou zastoupeny vitaminy B-komplexu, zahrnující B₂, B₃, B₅, B₆, B₉, B₁₂, dále vitamin C. Jejich množství se v energetických nápojích vyskytuje v dávkách, které přesahují DDD. Jelikož se jedná o vitaminy rozpustné ve vodě, v těle se nekumulují a nadbytek se ihned vylučuje z těla močí [1,56]. Působí jako důležité kofaktory nebo koenzymy v širokém spektru metabolických procesů v organismu.

Riboflavin (B₂) funguje jako koenzym v několika oxidačních a redukčních reakcích v těle. Je nezbytný pro uvolňování energie z potravy a přeměnu aminokyseliny tryptofanu na niacin.

Niacin (B₃), známý jako kyselina nikotinová, je vitamin, který se podílí především na výrobě energie, normálnímu fungování enzymů, trávení a podpoře chuti k jídlu, zdravé kůži a nervů.

Kyselina pantothenová (B₅) je důležitá pro produkci energie, syntézu hormonů a pro intermediární metabolismus tuků, bílkovin a sacharidů. Je prekurzorem CoA, který se uplatňuje při glukoneogenezi. Dále se podílí na metabolismu mastných kyselin, uvolňování energie ze sacharidů, degradaci a syntéze mastných kyselin, sterolů a steroidních hormonů.

Pyridoxin (B₆), také ve formách jako pyridoxal a pyridoxamin, je nezbytný pro syntézu neurotransmiterů, serotoninu a noradrenalinu a pro tvorbu myelinu. V těle se metabolizuje na pyridoxal-fosfát a pyridoxamin-fosfát. Tyto formy se uplatňují v metabolických reakcích jako je: transaminace aminokyselin, přeměna tryptofanu na niacin, syntéza GABA v CNS, syntéza komponent pro hemoglobin a mnoho dalšího.

Kyselina listová (B₉), známá také jako folát nebo folacin, je vitamin, který pomáhá s metabolismem bílkovin, podporuje tvorbu červených krvinek.

Kobalamin (B₁₂), jako koenzym přeměňuje homocystein na methionin, a je také důležitý při metabolismu nukleových kyselin, syntéze a opravě myelinu.

Kyselina askorbová (C), je antioxidantem, hraje roli v biosyntéze karnitinu, neurotransmiterů a kolagenu. Tato kyselina má silný vliv na imunitu. Prvním důkazem může být její hojné zastoupení v T-lymfocytech a fagocytujících buňkách, dále chrání tkáň před ROS (reaktivní formy kyslíku) a RNS (reaktivní formy dusíku) [55,57,58]. V tabulce 5 je uveden přehled vitaminů používaných v nápojích a jejich DDD (doporučená denní dávka).

Tabulka 5: Přehledová tabulka vitaminů rozpustných ve vodě [59,60]

Vitamin	DDD	Výskyt	Deficience/Avitaminóza
Vitamin B ₂ Riboflavin	1,2–1,7 mg	V malém množství ve všech potravinách, nejvíce v mléce, vejcích, vnitřnostech	Deficience vzácná, možný druhotný deficit železa
Vitamin B ₃ Niacin	16–22 mg	V malém množství ve všech potravinách, nejvíce v mase, mléce, cereáliích	Onemocnění pelagra
Vitamin B ₅ Kyselina pantothenová	8 mg	V malém množství ve všech potravinách	Ojediněle, dermatitida
Vitamin B ₆ Pyridoxal	1,5–2 mg	Maso a masné výrobky, kvasnice, zelenina, mléko, luštěniny	Ojediněle, dermatitida
Vitamin B ₉ Kyselina listová	200 µg	Vejce, vnitřnosti, listová zelenina	Dermatitida
Vitamin B ₁₂ Kobalamin	1,5–2,5 µg	Výhradně v potravinách živočišného původu, maso, mléko, sýry	Vzácně
Vitamin C Kyselina askorbová	60–200 mg	Brambory, zelenina, ovoce	Únava/Kurděje

Údaje v tabulce 6 poukazují na obsah vitaminů u konkrétních tří značek energetických nápojů v 500 ml baleních. Hodnoty NRV (nutriční referenční hodnoty), se používají pro nutriční značení složek na obalech výrobků. Lze si všimnout, že všechny referenční hodnoty jsou překročeny. Hodnoty NRV pro vitaminy jsou uvedeny v příloze 2.

Tabulka 6: Obsah vitaminů u značky Red Bull, Monster a Big Shock! [1]

Druh EN	Red Bull		Monster Energy Ultra		Big Shock! Gold	
	Obsah	NRV [%]	Obsah	NRV [%]	Obsah	NRV [%]
Vitamin B ₂	-	-	-	-	300 µg	150
Vitamin B ₃	40 mg	250	43 mg	265	24 mg	150
Vitamin B ₅	10 mg	165	21 mg	350	9 mg	150
Vitamin B ₆	10 mg	715	4 mg	285	2,1 mg	150
Vitamin B ₉	-	-	-	-	-	-
Vitamin B ₁₂	10 µg	400	13 µg	500	-	-
Vitamin C	-	-	-	-	120 mg	150

1.3.7 Ostatní látky

Energetické nápoje obsahují také různé extrakty z rostlin, které však nejsou tak často zastoupeny. Nejvíce používanými extrakty jsou extrakt z guarany, extrakt z ženšenu, extrakt z ginko biloby. Méně často se vyskytují extrakty z kávy a zelené kávy a extrakt ze zeleného čaje. Dále se lze setkat s extraktem z kotvičnicku zemního a extraktem z pomerančovníku hořkého obsahující aktivní látku synefrin [1].

1.4 Účinky energetických nápojů

Energetické nápoje jsou směsí spousty látek, které nám mají „dodat energii“. Nejvýznamnější složkou je však kofein a jeho účinky jsou i nejvíce zkoumány. Pro vitaminy skupiny B neexistuje experimentální důkaz, který by definoval jejich skutečnou funkčnost, jako povzbuzovačů v nápoji [56]. Nejvýznamnějšími složkami by tedy mohla být kombinace taurinu, kofeinu a cukrů, jelikož stimulují svalové kontrakce a zlepšují prokrvení mozku [19].

1.4.1 Vliv dávky kofeinu na účinek

Obsah kofeinu v energetických nápojích se pohybuje od 80 do 300 mg, v extrémních případech může určitý druh energetického nápoje překročit až hodnotu 300 mg. Konzumací 300–400 mg kofeinu denně nedochází k ohrožení organismu a také by se neměly dostavit žádné nepříznivé účinky. Pozitivní účinky na centrální nervový systém zaznamenáme při příjmu od 80 do 250 mg. Mezi pozitivní účinky patří bdělost, snížená únava a lepší koncentrace. Při spotřebě 250 až 500 mg kofeinu začne být konzument nervózní, roztěkaný, může trpět nespavostí a třesem [44,61]. Chronické užívání vysokých dávek může vést k závislosti a toleranci. Tělo poté vyžaduje větší dávky, aby se dosáhlo stejného povzbudivého účinku. Následné vysazení způsobuje abstinenci syndrom projevující se bolestí hlavy a výraznou únavou [45].

1.4.2 Účinky energetických nápojů oslazených cukrem

Spotřeba slazených nápojů je spojena s dlouhodobými negativními účinky na zdraví zejména dětí a dospívajících. Jejich konzumace je spojena s rizikem nadváhy, obezity a v krajním případě až s diabetem 2. typu. Slazené nápoje zvyšují hladinu glukózy v krvi a hladinu inzulínu, což přispívá k vysoké glykemické zátěži, která je spojena s glukózovou intolerancí a inzulínovou rezistencí [62].

1.4.3 Konzumace energetických nápojů s alkoholem

Mnohem riskantnější, než samotná konzumace alkoholu je pití „energetických koktejlů“. Konzumací alkoholu se blokuje odbourávání inhibičního neurotransmiteru adenosinu. Zvýšená aktivita adenosinu po konzumaci alkoholu tedy vede k útlumu chování a pocitu ospalosti.

Kofein má na adenosin opačný účinek, je jeho antagonistou. Kofein se váže na adenosinový receptor a zpomaluje činnost buněk. Kofein poté zabraňuje působení adenosinu, snižuje útlum organismu, stimuluje ho. Stejným mechanismem kofein zvyšuje hladiny dopaminu. Tím, že je adenosin potlačen, dopamin jako další neurotransmitter posiluje účinky alkoholu. Díky tomu konzument vypije mnohem více alkoholu, pokud jej kombinuje s energetickými nápoji [63,64]. Tento popsáný případ nejvíce postihuje nezletilé, nastávají i situace, kdy je velká konzumace alkoholu spojena s agresivním chováním [62].

1.4.4 Vliv kofeinu na spánek

Konzumací energetického nápoje se většinou dohání únava po předchozím nevyspání. Pokud má konzument nedostatek spánku a k tomu konzumuje energetické nápoje, může se dostat do bludného kruhu, kdy jeho organismus trpí nekvalitním spánkem. Metabolismus kofeinu je asi 6 hodin. Pokud přijmeme 200 mg kofeinu v 15:00 hodin odpoledne, bude náš organismus ještě ve 21:00 pod vlivem kofeinu. V organismu bude stále okolo 100 mg kofeinu. Adenosinové receptory jsou blokovány a náš spánek neprojde fází hlubokého spánku. Právě z tohoto důvodu se ráno cítíme vyčerpaní a máme nutkání tělu dopřát další dávky kofeinu [63]. Dávka 200 mg kofeinu odpovídá přibližně 1,25 plechovky Monster nápoje o objemu 500 ml, 2,6 shotů espressa, 2,5 plechovky Red Bull o objemu 250 ml [44].

1.4.5 Vliv energetických nápojů na cirkadiánní systém

Cirkadiánní systém jsou tělesné hodiny řídící chování a fyziologické rytmy organismu. Je udržitelný po dobu 24 hodin. Rytmus je ovlivňován denním světlem, příjmem potravy a reguluje metabolické dráhy například jater a slinivky břišní. Hojně zastoupený kofein a cukry působí na tyto přirozené mechanismy. Kofein prodlužuje cirkadiánní systém a cukry ovlivňují hladinu glukózy, inzulinovou odezvu a také citlivost k inzulinu. Měli bychom vstávat a chodit spát ve stejnou dobu, aby náš organismus mohl využít přirozené mechanismy co nejkvalitněji a přílišná konzumace kofeinu neovlivňovala cirkadiánní systém a tím i metabolické dráhy [65].

1.4.6 Efekt energetických nápojů na kardiovaskulární systém

Bylo zjištěno, že po akutním požití 150 mg kofeinu dochází ke zvýšení průměrného krevního tlaku, koncentrace glukózy v krvi a koncentrace volných mastných kyselin a vylučování katecholaminu močí. Kofein může vyvolat srdeční dysrytmie, včetně tachykardie.

Denní konzumace okolo 680 mg kofeinu je spojena s mírně zvýšeným rizikem srdeční zástavy u pacientů bez předchozí kardiovaskulární nemoci. Dvakrát zvýšené riziko infarktu myokardu bylo zjištěno u žen a mužů, kteří pijí více než pět šálek kávy denně [39].

1.4.7 Kofein a těhotenství

Škodlivé účinky kofeinu v těhotenství jsou opět závislé na dávce kofeinu a užívání kofeinu v kombinaci s alkoholem a kouřením. Při těhotenství se poločas rozpadu kofeinu velmi prodlužuje, kofein poté způsobuje tachykardii a také zrychluje dechovou frekvenci. Při konzumaci více než 600 mg kofeinu denně a pravidelně, dochází ve vysoké míře ke spontánním potratům, narození mrtvých dětí či nízké porodní váze dětí a předčasným porodům. Je však nepravděpodobné, že by kofein zvýšil riziko spontánního potratu při běžných dávkách kofeinu z nápojů odpovídající 200 mg kofeinu denně. Kojící matky by měly přijatý kofein také regulovat, jelikož se kumuluje v mateřském mléce a způsobuje neklid u kojenců [39,61].

2 PŘÍRODNÍ ALTERNATIVY

Energetické nápoje lze nahradit zdravější přírodní variantou, která je svým složením jednodušší a má stejné povzbuzující účinky jako energetický nápoj. Jedná se o nápoje z rostlin využívající buď adaptogenních účinků, nebo účinků přirozeně vyskytujícího se kofeinu. Jejich dalším kladem je možná kontrola příjmu sacharidů, jelikož si nápoj sladíme sami.

2.1 Rostliny obsahující kofein

Nejčastěji konzumovanými nápoji s kofeinem je u nás káva, zelený a černý čaj. Naopak v zemích Jižní Ameriky se nejvíce konzumuje čaj z cesmíny paraguayská. V tabulce 7 najdeme množství kofeinu v nápojích o objemu (6 oz = 177,44 ml). Nejvíce kofeinu obsahuje čaj z drcených semen guarany, nejméně pak čaj z cesmíny paraguayské.

Tabulka 7: Obsah kofeinu v rostlinách [66]

Druh	Obsah kofeinu [%]	Obsah kofeinu v 6 oz* nápoji
Yerba maté (lístky)	0,7–2	50–100 mg
Káva (třešně)	1–2,5	100–250 mg
Černý čaj (lístky)	2,5–4,5	10–60 mg
Guarana (semínka)	4–8	200–400 mg

*...6 oz = 177,44 ml

2.1.1 Čajovník čínský (*Camellia sinensis*)

Původní výskyt čajovníku je jihovýchodní Asie, dnes se již pěstuje také v tropických a subtropických oblastech. Je to stále zelený strom, řezem se však udržuje jako 1 m vysoký keř. Listy jsou kožovité, kvete bílými až světle růžovými květy [67]. Mezi účinné látky patří převážně purinové alkaloidy (kofein, theobromin, theofylin), flavanoly (katechiny), fenolové kyseliny (kyselina gallová a chlorogenová) a aminokyseliny (théanin) a další. Fenolové látky mají antimutagenní, antikarcinogenní účinky a snižují oxidační poškození DNA. Kofein a polyfenoly mají vliv na snižování váhy. Fenolové látky se váží na sacharidy a lipidy a mění vstřebávání živin. Kofein zrychluje metabolismus lipidů [68].

2.1.2 Kávovník arabský (*Coffea arabica*)

Divoce rostoucí kávovník je nízký strom. Pro účely pěstování se udržuje ve velikosti keře. Přirozeným výskytem je severovýchodní Afrika, pěstuje se především v Jižní Americe. Jeho příbuzné druhy jsou kávovník robusta (*Coffea robusta*) a kávovník liberský (*Coffea liberica*). Má vždy zelené listy, tmavočervenou peckovici se dvěma semeny a kvete bílými květy [67]. Mezi účinné látky patří kofein, který je obsažen v kávových zrnech (1–2 %). Semeno dále obsahuje stopově theobromin, theofylin, paraxantin a deriváty hydroxyskořicových kyselin (estery chinonové kyseliny, kyselinu kávovou, kyselinu kaffeoylchininovou) a některé diterpeny [67,68]. Kromě povzbuzujících účinků kofeinu, lze zmínit také funkci hydroxyskořicových kyselin a jejich derivátů (chlorogenové kyseliny), mající významnou antioxidační aktivitu. Zháší superoxidový anion a brzdí peroxidaci lipidů. Právě chlorogenová kyselina je preventivní látkou před rozvojem kardiovaskulárních onemocnění a snižuje hypertenzi [68]. Podle Harvardské studie, lidé, kteří konzumují jeden až tři šálky kávy denně, jsou až o 9 % méně náchylní ke vzniku diabetu. Při konzumaci šesti nebo více šálků je to dokonce o 54 % u mužů a o 30 % u žen [63].

2.1.3 Cesmína paraguayská (*Ilex paraguariensis*)

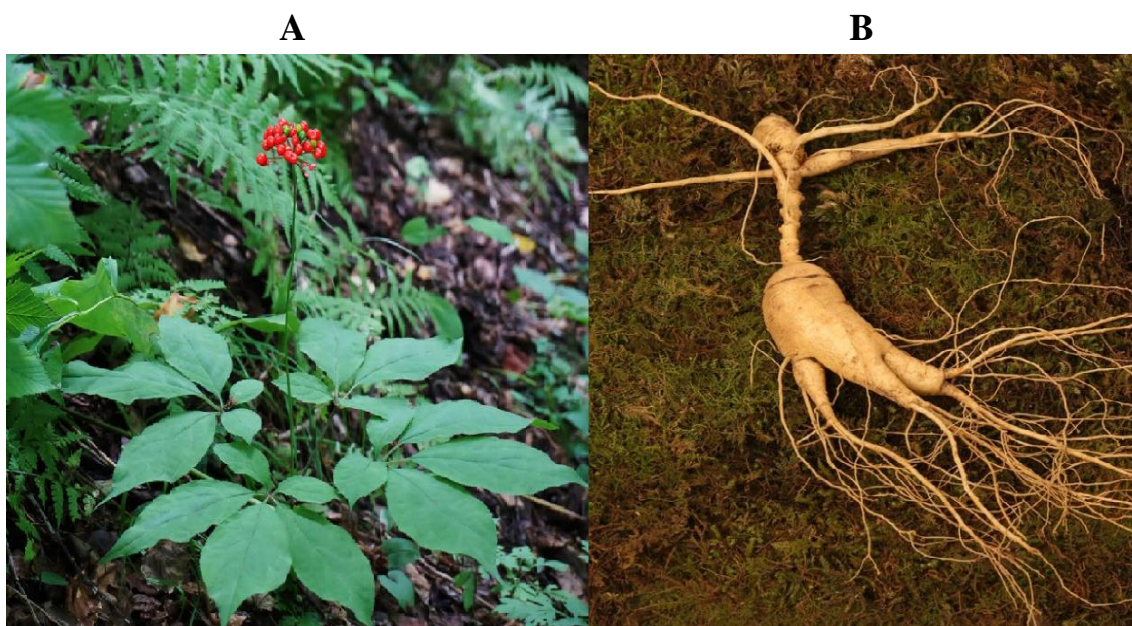
Cesmína paraguayská je strom s přirozeným výskytem v Jižní Americe (Paraguayi, Brazílii, Argentině a Uruguayi), z něhož se připravuje čaj zvaný Yerba maté. Při pěstování je ořezáván do křovitého 4–8 m vysokého stromu. Z jejích tvrdých, kožovitých listů se připravuje čaj. Vyrábějí se dva druhy nápoje, které se liší technologií výroby: Yerba maté ze zelených lístků a Yerba maté z hnědých lístků. U hnědých lístků se deaktivují enzymy velmi krátkým povařením ve vodě, blanširováním, a poté se opékají na velkých pánvích a suší. Čaj obsahuje mnoho biologicky aktivních látek jako jsou polyfenoly, xantiny, flavonoidy, saponiny, aminokyseliny, vitaminy a minerály. Nejvýznamnější stimulační látkou v připraveném čaji je samozřejmě kofein. Šálek Yerba Maté o objemu přibližně 237 ml obsahuje 78 mg kofeinu, což odpovídá obsahu kofeinu v plechovce Red Bull o stejném objemu [1,66,69].

2.2 *Adaptogenní rostliny*

Termín adaptogen byl vytvořen I.I. Brekhmanem. Podle něho má čtyři obecné vlastnosti: neškodí hostiteli, má spíše nespecifický účinek, zvyšuje odolnost konzumenta vůči stresorům a je obecným normalizátorem. Adaptogeny jsou tedy látky, které povzbuzují organismus, pomáhají tělu se adaptovat na vnější změny, zvládat stres a zvyšovat jeho výkon. Nejedná se o drogy, které by svým mechanismem stimulovaly organismus a po určité době organismus vyčerpaly. Adaptogeny pomáhají lépe využít energii tělu vlastní a zbavit tělo toxinů. Velmi důležité je, že mohou podporovat tvorbu interferonu, který má protinádorový účinek a také působí proti virům. Vyskytují se v rostlinách a houbách, a to jako produkty sekundárního metabolismu. Vznik sekundárních metabolitů není zcela objasněný. Jednou z možností by mohlo být, že se rostlina zbavuje odpadních látek svého metabolismu. Produkty primárního metabolismu jsou látky nezbytné pro zajištění základních funkcí rostliny, bez nichž není schopna existence. Jde především o cukry, bílkoviny, tuky a nukleové kyseliny. Mnoho rostlin zejména z čeledi *Araliaceae* má tyto adaptogenní vlastnosti [70,71].

2.2.1 *Ženšen (Panax ginseng)*

Tato rostlina je velmi oblíbená v Číně, roste v Asii a Americe, patří do čeledi *Araliaceae*, dosahuje výšky 20 až 50 cm. Její lodyha je přímá, ovoce lesklé. Kořen je našedlý či bílý, vážící kolem 200 g. Právě ten se zpracovává do farmaceutických přípravků po 5. roce života. Jelikož je o něj velký zájem, nestačí sběr divokého ženšenu v jeho přirozeném prostředí, ale pěstuje se uměle již mnoho let. Rozmnožuje se výhradně generativně pomocí semen, vegetativní rozmnožování pomocí řízku se neprovádí. Dospělá rostlina poskytuje okolo 30 plodů, jejichž zárodek je nedokonale vyvinut a klíčení semen je pomalé. Používá se ve formě extraktu, kapslí a tekutin. Obvyklá dávka se pohybuje v rozmezí 0,5–1,5 g prášku z kořene. Účinky po požití nejsou rychlé, ale kumulují se při pravidelném užívání a k vrcholu dochází po dvou či třech týdnech. Správné užívání je po dobu dvou až tří měsíců, poté se doporučuje jednoměsíční nebo dvouměsíční pauza, po níž se může opět pokračovat v konzumaci [70,72,73]. Na obrázku 8 je znázorněna nadzemní část rostliny s červenými plody (A), kořen ženšenu s kořenovými vlásky (B).



Obrázek 8: Ženšen (A), kořen ženšenu (B) [74]

Účinné látky a účinky

Účinné látky v kořeni se nazývají ginsenosidy neboli steroidové glykosidy, patřící do skupiny triterpenových saponinů. Mohou být rozděleny do tří skupin na základě jejich aglykonů: protopanaxadioly, protopanaxatrioly a oleanany. Hlavní skupiny ginsenosidů jsou skupiny Rb a Rg, odvozené od struktury 20(S)-protopanaxadiolu a 20(S)-protopanaxatriolu. Kořeny dále obsahují minerály, stopové prvky jako síru, mangan, hořčík, vápník, zinek a germanium. Vitamíny B₁, B₂, B₆, biotin, kyselinu pantotenovou a další. Neobsahuje známé stimulační látky jako kofein, ale zlepšuje metabolické procesy právě díky ginsenosidům. Zrychluje glykogenezi a glykogenolýzu, snižuje koncentraci kyseliny mléčné, zvyšuje produkci ATP a stimuluje produkci krve v kostní dřeni. Má silné antidepresivní účinky, zmírňuje úzkost, zlepšuje paměť a soustředění, stimuluje hypofýzu a nadledvinky, působí proti nespavosti. Vyrovnává poruchy pohlavního ústrojí jako je impotence, frigidita, hormonální nedostatečnost a neplodnost. Podporuje kardiovaskulární systém tím, že vyrovnává krevní tlak. Při konzumaci nevzniká závislost a nepatří mezi zakázané dopingové látky [70].

2.2.2 Eleuterokok ostnitý (*Eleutherococcus senticosus*)

Eleuterokok nazývaný také jako sibiřský ženšen, patří do čeledi *Araliaceae*. Roste divoce na Dálném východě, v přímořské oblasti, v Amurské oblasti a na jižním Sachalinu. Dále v Koreji, Japonsku a na severovýchodu Číny. U nás ho lze také pěstovat. Není náročný na pěstování a dobře snáší naši zimu. Jde o 2–2,5 m vysoký keř s bohatým kořenovým systémem. Stonek i větve jsou pokryty velkým počtem ostnů. Jeho listy jsou řapíkaté a pětičetné. Kvete od poloviny června do července, plod dozrává na přelomu srpna a září. Pěstování a množení je mnohem jednodušší, než je tomu u ženšenu [70]. Na obrázku 9 je znázorněna rostlina eleuterokok ostnitý (A) a rozemletý usušený kořen eleuterokoka vhodný pro přípravu čaje.



Obrázek 9: Eleuterokok (A), úprava kořene (B) [75]

Účinné látky a účinky

Účinné látky se nacházejí jak v kořenech, tak v listech. Patří mezi ně triterpenové aglykony a saponiny (eleuterosid I,K,L,M), lignany (eleuterosid B4, eleuterosid D, eleuterosid E1, (+)-syringaresinol), steroly (eleuterosid A, β -sitosterol), triterpeny (friedelin), kumariny (eleuterosid B1), fenylypropanové deriváty (eleuterosid B), sacharidy (eleuterosid C). Eleuterosidy B, D, E z nich tvoří 80% podíl. Eleuterosidy B se nacházejí pouze v kůře stonku a kořeni a eleuterosidy D, E v celém stonku a kořeni [68,70].

Extrakt z eleuterokoku pomáhá překonávat stres, posiluje činnost některých žláz s vnitřní sekrecí. Eleuterosidy mají antidiabetický účinek. V bylině obsažené glykany zvyšují imunitní

aktivitu a podporují tvorbu leukocytů, které chrání při ozáření. Má antioxidační účinky, zvyšuje počet lymfocytů a podporuje fagocytární aktivitu. Inhibuje RNA viry, nefunguje však na DNA viry. Teoretické studie o účincích extraktů na piloty, atlety, vojáky a těžce pracující potvrdily zlepšení rychlosti práce, koncentraci a nižší nemocnost. Extrakty se doporučují při spánkových poruchách. Podává se pacientům s Parkinsonovou chorobou, Alzheimerovou chorobou, ADHD, CFS, diabetem mellitus a dalšími. Podávání 26–40 kapek extraktu denně zlepšuje ostrost vidění při namáhání zraku, například při dlouhém řízení automobilu, či sledování počítačové obrazovky. Kombinování extraktu s alkoholem prohlubuje sedativní účinky ethanolu a konzumace extraktu se sedativy také může zvyšovat sedativní účinek léčiv. Pro výrobu domácí tinktury lze použít suchý kořen o hmotnosti přibližně 50 g, který se extrahuje v 0,5 l 33% alkoholu. Užívá se 2–3 x denně po 15–20 kapkách. Konzumovat lze také prášek z kořene, a to v dávkách 2–8 g prášku denně. Obvyklá dávka ve formě suchého extraktu odpovídá 100–300 mg denně. Předávkování je možné díky delšímu užívání a je tedy nutné konzumaci po 1–2 měsících přerušit alespoň na 2–3 týdny. Nesmí být podáván dětem do 15 let, těhotným a kojícím ženám [68,70].

2.2.3 *Schizandra čínská (Schisandra chinensis)*

Přirozený výskyt této dřevnaté liány je v jižním Sachalinu, Japonsku a Číně. Délka lodyhy je 2–8 metrů, s opadavým listem. Její plody jsou malé červené bobulky o průměru 5–7 mm. Jsou velmi šťavnaté s vysokým obsahem vitamínu C. Plody schizandry mají sladkou slupku, kyselou dužninu a 1–2 hořká semínka. Rozmnožuje se vegetativně i generativně. Schizandra plodí mezi 4 a 5 rokem od výsadby. Bobule lze usušit, podávat s cukrem, zpracovat ve formě kompotu či šťávy. Semena se dají samostatně zpracovat jako tinktura s 95% alkoholem v poměru 1:5, tato tinktura se nedoporučuje konzumovat večer, jelikož vyvolává nespavost [70]. Na obrázku 10 jsou znázorněny plody schizandry, nazývané také jako plody čtyř chutí.



Obrázek 10: Plody schizandry čínské [76]

Účinné látky a účinky

Mezi účinné látky patří skupina lignanů: deoxyschisandrin, schisandrin A-C, schisanterin, gomisin A, gomisin G, γ -schisandrin, schisanthenol. Z terpenoidů rostlina obsahuje především kyselinu nigranoiovou, borneol, 1-8 cineol, p-cymol, alfa a beta-pinen, sesquikaren. Bobule obsahují organické kyseliny jako kyselinu fumarovou, citronovou, jablečnou, askorbovou, vinnou, malonovou a jantarovou [70,77].

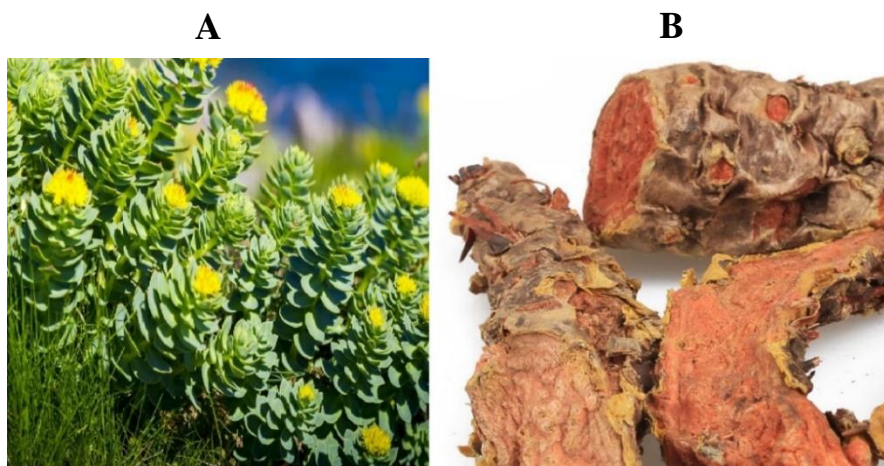
Právě dibenzocyklooktadienové lignany vynikají antivirovými a antibakteriálními účinky. Mají také ochranný účinek na myokard. Jsou vhodné pro řidiče, kteří se potřebují dlouhodobě soustředit a mít stále ostré vidění při dlouhé jízdě [70].

2.2.4 Rozchodnice růžová (*Rhodiola rosea*)

Víceletá dvoudomá rostlina s příjemně voňavým kořenem patřící do čeledě tlusticovité (*Crassulaceae*). Této bylině se také lidově říká zlatý kořen. Jejím přirozeným výskytem jsou horské oblasti Dálného východu, Karpat, Malé Asie, Mongolska. Lze ji také nalézt v severní Číně, Kanadě či Grónsku. Vyskytuje se rovněž v horách západní, střední a jižní Evropy.

Dorůstá výšky kolem 25–30 cm a každoročně uhynou její nadzemní výhony. Není pěstitelsky náročná. Vyžaduje péči pouze první rok po výsadbě, jelikož má nízkou klíčivost semen. Rozchodnice poprvé vykvete mezi třetím až čtvrtým rokem v období od května do června. Samčí květy jsou žlutozelené až hnědočervené. Samičí květy jsou drobné. Semena rozchodnice mají vejcovitý tvar a jsou velmi malá. Účinné biologicky aktivní látky jsou

obsaženy jak v samčí, tak i samičí části rostliny [70]. Na obrázku 11 je znázorněna divoce rostoucí rozchodnice růžová (A) a růžový kořen (B), po kterém je rostlina pojmenována.



Obrázek 11: Rozchodnice růžová (A), kořen rozchodnice (B) [78,80]

Účinné látky a účinky

Účinné látky rozchodnice růžové jsou deriváty 2-(4-hydroxyfenyl)ethanolu (p-tyrosol, salidroside), glykosidy cinnamylalkoholu (rosavin, rosin, rosarin). Dále obsahuje flavonoidy (tricin, kvercetin, rutin, rhodionin, rhodiosin, rhodiolin), monoterpeny (rosiridol, rosiridin), steroly (beta-sitosterol, eleuteroid A), další. Jako kritérium hodnocení kvality surových léčiv z rozchodnice růžové se využívá zjištění obsahu salidroside a tyrosolu [68,70,79].

Konzumace výtažku rozchodnice zlepšuje vytrvalost při fyzickém cvičení, zlepšuje činnost štítné žlázy, brzlíku a nervového systému. Užívá se jako prevence při nachlazení. Salidroside a p-tyrosol mají adaptogenní vlastnosti, jsou aktivní vůči chladu, radiaci, námaze a vyčerpanosti organismu. Výtažky mají stimulační i sedativní účinky v závislosti na podaném množství. Při malých dávkách působí stimulačně. Rozchodnice stimuluje mozek a zvyšuje koncentrační hladiny neurotransmiterů, jako jsou norepinefrin, serotonin, acetylcholin a dopamin. Zlepšuje paměť a myšlení. Výtažek má hepatoprotektivní a myeloprotektivní účinky. Extrakt kořene dosahuje srovnatelného antidepresivního účinku jako má léčivo imipramin. Významné zlepšení dlouhodobé paměti bylo pozorováno po 10 dnech konzumace 0,1 ml extraktu rozchodnice růžové [68,70,81]. Vhodná nutriční dávka je okolo 100–200 mg suchého extraktu denně. Opět je nutné se vyvarovat konzumaci v těhotenství a nepodávat rostlinu dětem. Dávka 100 mg je vhodná pro zlepšení nálady a psychomotorických vlastností za stresové situace [68].

3 METODY STANOVENÍ AKTIVNÍCH LÁTEK

3.1 Stanovení aktivních látek v energetických nápojích

Látky jako kofein, taurin, L-karnitin, inositol a glukuronolakton, patří mezi nejdůležitější látky přidávané do energetických nápojů z hlediska jejich vlivu na energetický metabolismus. Ve většině případů se jedná o sycené nápoje a je tedy vhodné je odplynit před analýzou pomocí ultrazvuku nebo třepačky.

3.1.1 Stanovení kofeinu

Spektrofotometrické metody jsou rychlé přesné a reprodukovatelné, jejich další výhodou je společné stanovení kofeinu a redukujících cukrů. Před analýzou se kofein extrahuje v tetrachlormetanu a měří se při absorpčním maximu 270 nm [82].

Kofein lze také stanovit voltametriky, v režimu diferenciální pulzní voltametrie (DPV) a voltametrie cyklické (CV). Měření probíhá v kyselém prostředí, pomocí tří elektrodové soustavy, složené z měřicí elektrody ze skelného uhlíku, která se připravuje těsně před měřením, referentní argentschloridové elektrody a pomocné platinové elektrody. Mez detekce u této metody je velice nízká a to $2 \cdot 10^{-5}$ mol/l [83].

Pro rutinní laboratorní testování, zda nápoj obsahuje deklarované množství kofeinu, a také jako alternativa stanovení vitaminů rozpustných ve vodě, lze použít kapalinovou chromatografii (HPLC) s UV detekcí nebo HPLC s fluorescenční detekcí (HPLC-FLD) [84]. Přítomnost a obsah kofeinu lze stanovit také pomocí ultra vysokovýkonné kapalinové chromatografie-tandemové hmotnostní spektrometrie (UHPLC-MS/MS) [85].

3.1.2 Stanovení taurinu

Ve struktuře taurinu nenajdeme žádný chromofor, proto nelze stanovit spektrofotometricky v UV/VIS oblasti, ale je nejprve nutné jeho převedení na opticky aktivní látku pomocí derivatizačního činidla [85]. K tomu lze použít mnoho činidel a za zmínku stojí 4-fluoro-7-nitrobenzofurazan (NBD-F), 2,4-dinitrofluorobenzen (DNFB), ninhydrin, tetrakynoethylen (Hantschovo činidlo), 4-chlor-4-nitrobenz-2-oxa-1,3-diazol (NBD-Cl), fluorocamin a o-ftalaldehyd (OPA) a další. Při použití činidla (NBD-F), které se také používá při stanovení aminokyselin, vzniká derivát, který se detekuje při vlnové délce 470 nm pomocí

UV-Vis detektoru. UV-Vis spektrofotometrií nebo HPLC-PDA metodou lze stanovit taurin v energetickém nápoji po derivatizaci s o-ftalaldehydem (OPA) a siričitanem sodným [86].

Pro současné stanovení taurinu a kofeinu lze použít micelární elektrokinetickou chromatografii se separací v krátké kapiláře. Tyto látky jsou detekovány pomocí bezkontaktní vodivosti a UV fotometrického detektoru, který umožňuje zaznamenávat oba signály na jednom místě v kapiláře. Za těchto podmínek je doba migrace kofeinu 43 s a taurinu 60 s; LOD pro kofein je 4 mg/l za použití fotometrické detekce a LOD pro taurin je 24 mg/l [87].

Dále lze použít mikročipovou kapilární elektroforézu (MCE) [88], infračervenou spektroskopii s Fourierovou transformací (FTIR) [89], nukleární magnetickou rezonancí (H^1 -NMR) [86].

3.1.3 Stanovení L-karnitinu

Karnitin lze stanovit spektrofotometrickými a fluorimetrickými metodami, elektroforetickými metodami, plynovou chromatografií (GC) nebo kapalinovou chromatografií [90]. Stanovit ho lze také použitím biosenzoru s povrchem Ta_2O_5 , na němž je imobilizována acetyltransferáza karnitinu [91].

3.1.4 Stanovení inositolu

Vhodná metoda pro stanovení inositolu je výkonná aniontová výměnná chromatografie s pulzní amperometrickou detekcí (HPAE-PAD), která nevyžaduje žádnou derivatizaci a nabízí vysokou úroveň citlivosti a selektivity pro stanovení myoinositolu [53]. Pomocí spektroskopie nukleární magnetické rezonance (NMR) lze stanovit inositol současně s kofeinem a taurinem [92].

3.1.5 Stanovení glukuronolaktonu

Pro současné stanovení glukuronolaktonu a taurinu v energetickém nápoji bez nutnosti derivatizace činidlem lze použít metodu UHPLC-MS/MS. Separace těchto analytů byla provedena na koloně Kinetex (100 mm x 4,6 mm) [93].

3.2 Stanovení aktivních látek v přírodních alternativách energetických nápojů

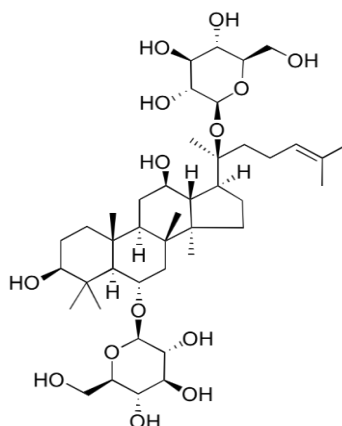
Před samotným stanovením je nutná úprava vzorku, jako je například sušení a rozemletí částí rostlin [94]. Proces získávání bioaktivních látek z rostlinných buněk zahrnuje správný výběr selektivního rozpouštědla, jeho difundaci do matrice rostliny a extrakci [21]. Při těchto stanoveních je tedy nepostradatelná technika extrakce a následná separace. Extrakce pomocí Soxhletova extraktoru je sice běžnou metodou, ale má mnoho nevýhod, jako je doba extrakce a vysoká spotřeba organických rozpouštědel. Vhodnější je použití iontových kapalin v kombinaci s mikrovlnou extrakcí, ultrazvukovou extrakcí či ultra vysokotlakou extrakcí [94,95].

3.2.1 Stanovení biologicky aktivních látek v ženšenu

Biologicky aktivní saponiny jsou strukturně velmi složité, a proto se GC metoda používá velmi zřídka. Vhodnější je metoda HPLC pro separaci a analýzu těchto saponinů s použitím C18 kolony a gradientovou elucí. V jejich struktuře lze nalézt jen několik chromoforů. Rozsah UV detekce se pohybuje v oblasti 196–205 nm, kdy absorbuje velká část látek ve vzorku. Instrumentace HPLC-ELSD se běžně používá pro analýzu sloučenin, kde UV detekce může být omezením, jelikož sloučeniny účinně neabsorbují UV záření.

Ginsenosidy Rg1 a Re lze od sebe velmi těžce oddělit, a proto se používá režim isokratického gradientu [96].

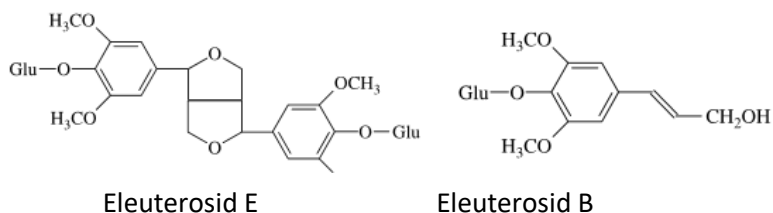
Pro stanovení ginsenosidů (Rg1, Rg2, Rc, Rd, Re, Rf, Rb1 a Rb2) z pupat lze také použít iontové kapaliny jako extrakčního činidla. Vynikajícím extrakčním činidlem je [C4mim] [BF4], kdy se účinnost zvyšuje použitím ultrazvukové extrakce. Pro následnou identifikaci látek a jejich kvantifikaci lze využít HPLC analýzu kolonou s chemicky navázanou C18 stacionární fází na silikagelu a detekci pomocí UV-VIS detektoru při vlnové délce 203 nm [95]. Na obrázku 12 je znázorněna složitá struktura ginsenosidu Rb1.



Obrázek 12: Chemická struktura ginsenosidu Rb1

3.2.2 Stanovení biologicky aktivních látek v eleuterokoku ostnitém

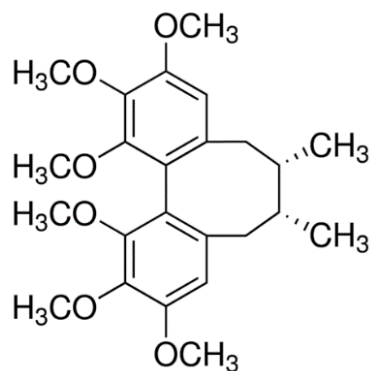
Ke stanovení eleuterosidů je nutná opakovaná extrakce ethanolem a následné stanovení pomocí HPLC [97]. Ke kontrole pravosti výrobků obsahujících látky z eleuterokoku ostnitého se používá NIR spektroskopie, tedy blízká infračervená spektroskopie v oblasti 800–2500 nm [98]. Dále lze stanovit také technikou HPTLC [99]. Na obrázku 13 jsou znázorněny struktury eleuterosidů E a B.



Obrázek 13: Chemická struktura eleuterosidů E a B

3.2.3 Stanovení biologicky aktivních látek ve schizandře čínské

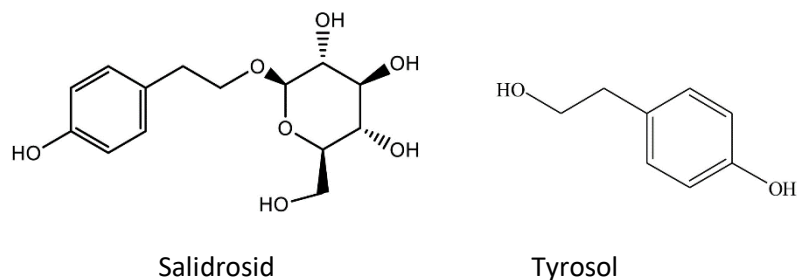
Extrakce biologicky aktivních lignanů může být provedena v Soxhletově extraktoru s methanolem jako extrakčním činidlem nebo pomocí ultrazvuku. Pro analýzu hlavních lignanů ve schizandře čínské se používá HPLC s extrakcí látek ze vzorku pomocí matricové disperzí extrakce na pevné fázi [100], HPTLC [101], LC-MS a GC-MS [102]. Na obrázku 14 je znázorněna chemická struktura schizandrosidu A.



Obrázek 14: Chemická struktura schizandrosidu A

3.2.4 Stanovení biologicky aktivních látek v rozchodnici růžové

K extrakci tyrosolu společně se salindrosidy je nejvhodnějším činidlem iontová kapalina 1-Octyl-3-methylimidazoliumbromid, [Omim]Br, při teplotě 60 °C. Před vlastní analýzou se musí provést filtrace připravených extraktů přes mikroporézní membránu. Následuje HPLC analýza s UV detekcí při 224 nm [103]. Na obrázku 15 jsou znázorněny chemické struktury dvou bioaktivních látek obsažených v rozchodnici růžové, salidrosidu a tyrosolu.



Obrázek 15: Chemická struktura salidrosidu a tyrosolu

Při nákupu neregistrovaných výrobků se můžeme setkat s falšovanými produkty. Výrobky se často falšují jinými druhy rozchodnice jako je *Rosea crenulata* a dalšími. Účinná látka rosavin je pouze v rozchodnici růžové a činí ji odlišnou od dalších podobných druhů stejného rodu *Rhodiola*. Pro kontrolu kvality hotových výrobků se používají metody jako je HPTLC, MS a H¹-NMR spektroskopie s použitím standardů salidrosidu a rosavinu [104].

Obecně bioaktivní látky (salidroid, tyrosol, rosarin, rosavin, rosin a rosiridin) lze kvalifikovat a kvantifikovat pomocí HPLC s obrácenou fází a UV detekcí [105]. Látky jako salidroside, tyrosol, rhodionin lze stanovit také pomocí kapilární elektroforézy [106].

4 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se nejprve zabývala energetickými nápoji, jejich zařazením v legislativě, základním složením a obsaženými biologicky aktivními látkami. Dále jsem popsala účinky nápojů na lidský organismus. V další kapitole jsem se zaměřila na náhradu těchto nápojů. Možnou náhradou jsou nápoje připravené z rostlin obsahujících kofein a rostlin adaptogenních. V poslední kapitole jsem se věnovala stanovení biologicky aktivních látek v energetických nápojích a přírodních alternativách. Nejpoužívanějšími metodami pro stanovení bioaktivních látek v energetických nápojích či ve výluhu rostlin jsou separační metody, mezi které patří hlavně kapalinová chromatografie s různými druhy detekce. Další často používanou metodou je elektroforéza. Některé skupiny sloučenin lze však stanovit i spektrofotometricky, voltametricky, případně využít další analytické metody.

Důležité je zmínit, že konzumace energetických nápojů nemusí být ohrožující, pokud si jejich konzumaci hlídáme. Bylo by vhodné, aby naše legislativa zašitovala zákaz prodeje těchto nápojů dětem a mladistvým, jak je tomu v některých jiných zemích. Výrobci se zatím chrání pouze zmínkou na obalu, že jejich konzumace není vhodná pro děti a mladistvé. Tato věková skupina je nejvíce spojována s rizikovým chováním po míchání energetických nápojů s alkoholem, které může přerůst až v intoxikaci alkoholem. Pro všechny konzumenty je dále nejdůležitějším faktorem dávkování těchto nápojů a jejich kombinace s čajem a kávou. Všichni konzumenti se nevyhnou dlouhodobějšímu problému, a tím je narušení cirkadiálního tělesného cyklu. Konzumaci energetických nápojů nedoporučuji a myslím si, že je to ve většině případů pouze obchodní taktika. V případě nutného doplnění energie bude vždy nejdůležitější pravidelný spánek, kvalitní strava a psychická pohoda jedince. V případě zájmu o přírodní alternativy pak doporučuji adaptogenní rostliny, jako je ženšen, eleuterokok ostnitý, schizandra čínská a rozchodnice růžová.

5 LITERATURA

- [1] ENERGETICKÉ NÁPOJE ZE SUPERMARKETŮ BILLA, TESCO, KAUF LAND A DALŠÍ.
- [2] PASTUCHA, D.: *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4837-5.
- [3] BEZPEČNOST POTRAVIN: *Energetické nápoje* [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92050.aspx>
- [4] VYHLÁŠKA Č. 282/2016 Sb.: *Vyhláška o požadavcích na potraviny, pro které je přípustná reklama a které lze nabízet k prodeji a prodávat ve školách a školských zařízeních*.
- [5] VYHLÁŠKA Č. 248/2018 Sb.: *Vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí*.
- [6] KADLEC, P.: *Technologie potravin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-509-9.
- [7] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1169/2011.: *O poskytování informací o potravinách spotřebitelům*.
- [8] MICHALOVÁ, I.: *Značky a informace na potravinách*. 1. vyd. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, 2006. Průvodce spotřebitele. ISBN 80-239-6652-9.
- [9] SUKOVÁ, I.: *Označování potravin: průvodce pro spotřebitele*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin, 2014. ISBN 978-80-7434-169-4.
- [10] SUKOVÁ, I.: *Průvodce označováním potravin*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. ISBN 80-7271-174-1.
- [11] PLÁNKA, J.: *Trh energetických nápojů v ČR*. Praha. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta mezinárodních vztahů. Vedoucí práce Jiří Zeman.
- [12] RED BULL: *Firma Red Bull* [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <https://energydrink-cz.redbull.com/firma-red-bull>
- [13] IBRAHIM, N., IFTIKHAR, R.: *Energy drinks: Getting wings but at what health cost?*. Pakistan Journal of Medical Sciences. 2014, **30**(6), 1415-1419. DOI: 10.12669/pjms.306.5396. ISSN 1681-715X.

- [14] EREBOS DRINK [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://erebosdrink.cz>
- [15] SUBRAMANIAM, P., WAREING, P.: *The Stability and Shelf Life of Fruit Juices and Soft Drinks*. The Stability and Shelf Life of Food. ISBN 9780081004357.
- [16] BRALLA, J.: *Handbook of manufacturing processes: how products, components and materials are made*. 1st ed. New York: Industrial Press, 2007. ISBN 978-0-8311-3179-1.
- [17] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1333/2008.: *O potravinářských přídatných látkách*
- [18] GABROVSKÁ, D., CHÝLKOVÁ, M.: *Sladká fakta o cukrech a sladidlech, aneb, Čím si osladit život*. 1. vydání. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2017. ISBN 978-80-88019-17-6.
- [19] BROMOVÁ, M., DALIHODOVÁ, H., HOLINKOVÁ, P., LICHTENBERGOVÁ, I., MAXOVÁ, M., MUBIANA, N., NOVÁKOVÁ, P., PODLENOVÁ, K., RŮŽIČKOVÁ L., VINKLEROVÁ, L., VÍT, Z., PATOČKA, J.: *Zdravotní rizika energetických nápojů*. Prevence úrazů, otrav a násilí. **2010** (2) Vol. 4, no. 2, 205–219. ISSN 1801–0261
- [20] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-4-5.
- [21] ASHURST, P.: *Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices*. Third edition. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Inc., 2016. ISBN 978-1-444-33381-7.
- [22] EDWARDS, W.: *The science of sugar confectionery*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2000. ISBN 978-0-85404-593-8.
- [23] INTERNATIONAL FOOD INFORMATION SERVICE.: *Dictionary of food science and technology*. 2nd ed. Wiley-Blackwell, 2009. 407. ISBN 978-1-4051-8740-4.
- [24] O'DONNELL, K., KEARSLEY, M., *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. 2nd ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012. ISBN 978-0-470-65968-7.
- [25] *Konference Vitaminy 2001: sborník konference*. 1. vyd. Pardubice, 2001. ISBN 80-7194-380-0.

- [26] GOYAL, S., SAMSHER, GOYAL, R.: *Stevia (Stevia rebaudiana) a bio-sweetener: a review*. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2009, **61**(1), 1-10. DOI: 10.3109/09637480903193049. ISSN 0963-7486.
- [27] EFSA PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES SCIENTIFIC.: *Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive*. EFSA Journal. 2010, **8**(4), 1. DOI: 10.2903/j.efsa.2010.1537. ISSN 18314732.
- [28] KUNOVÁ, V.: *Zdravá výživa*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2011. Zdraví & životní styl. ISBN 978-80-247-3433-0.
- [29] SALTMARSCHE, M.: *Essential Guide to Food Additives*. 4. vyd. RSC Publishing, b.r. ISBN 978-1-84973-560-5.
- [30] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000. ISBN 9783527306732.
- [31] TAHMASSEBI, J.F., DUGGAL M.S., MALIK-KOTRU G.: *Soft drinks and dental health: A review of the current literature*. Journal of Dentistry. b.r., 2. DOI: 10.1016/j.jdent.2004.11.006. ISSN 03005712.
- [32] MSAGATI, Titus. *Chemistry of Food Additives and Preservatives*. John Wiley & Sons, 2013. ISBN 978-1-5231-1111-4.
- [33] HAMID, A., RISIKAT, A., SURURAH, A.: *Food: Its preservatives, additives and applications*. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. DOI: 10.13140/2.1.1623.5208
- [34] BRITANNICA ACADEMIC: *Gum*. 2019 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://academic.eb.com/levels/collegiate/article/gum/38498>
- [35] BRITANNICA ACADEMIC: *Pectin*. 2007 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://academic.eb.com/levels/collegiate/article/pectin/58914>
- [36] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A.: *12.4 Commercial Pectin: Properties and Function*. Handbook of Hydrocolloids. 2. Woodhead Publishing, 2009. 277. ISBN 978-1-84-569587-3.
- [37] CEFF: *Seznam éček* [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.ceff.info/cz/additives/detail/161?seo=e-445>

- [38] COMMITTEE ON MILITARY NUTRITION RESEARCH: *Caffeine for the sustainment of mental task performance: formulations for military operations*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. ISBN 978-0-309-08258-7.
- [39] ARONSON, J.K.: *Meyler's Side Effects of Drugs*. The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions. Oxford. 588. DOI: 10.1016/B0-44-451005-2/00006-1.
- [40] INTERNATIONAL FOOD INFORMATION SERVICE.: *Dictionary of Food Science and Technology*. 2. Oxford: IFIS Publishing, 2005. ISBN 978-1-61583-120-3.
- [41] MOTARJEMI, Y., MOY, G., TODD, E.: *Encyclopedia of Food Safety*. London: Elsevier, 2014. ISBN 978-0-12-378612-8.
- [42] MINDELL, E., MUNDIS, H.: *Nová vitaminová bible: vitaminy, minerální látky, antioxidanty, léčivé rostliny, doplňky stravy, léčebné účinky potravin i léky používané v homeopatii*. Vyd. 3. Praha: Ikar, 2010. ISBN 978-80-249-1419-0.
- [43] CABALLERO, B.: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 2003. ISBN 012227055X.
- [44] CAFFEINEINFORMER: *Caffeine Safe Limits: Calculate Your Safe Daily Dose* [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.caffeineinformer.com/caffeine-safe-limits>
- [45] VIANA, C.: *Detection and determination of undeclared synthetic caffeine in weight loss formulations using HPLC-DAD and UHPLC-MS/MS*. Journal of Pharmaceutical Analysis, 366-372. DOI: 10.1016/j.jpha.2017.12.004
- [46] MEZZOMO, N.J., FONTANA, B.D., KALUEFF A.V., BARCELLOS L.J.G., ROSEMBERG, D.B.: *Understanding taurine CNS activity using alternative zebrafish models Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 471-485. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.04.012.
- [47] OPLETAL, L.: *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Vydání první. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-2084-8.
- [48] SAARELA, M.: *Functional foods: concept to product*. 2nd ed. Philadelphia, PA: Woodhead Pub., 2011. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 205. ISBN 978-0-85-709255-7.

- [49] ADEVA, M.M., FUNCASTA-CALDERON, R., LOPEZ-PEREIRO, Y., FERNANDEZ-FERNANDEZ, C., RODRIGUEZ-MARTINEZ, T.: *Taurine Metabolism in Humans*. Journal of Food Nutrition and Dietetics. **2**(2). 1-7. ISSN 2470-9794.
- [50] WESENSTEN, N.J.: *Legitimacy of concerns about caffeine and energy drink consumption*. Nutrition Reviews. 2014. **72** 78-86. DOI: 10.1111/nure.12146.
- [51] GERASIMOS, G.: *The Role of L-Carnitine in Distance Athletes*. International Journal of Sports Science. 2018, 8(5). 158-163. DOI: 10.5923/j.sports.20180805.04.
- [52] NUTREND: *L-karnitin*. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.nutrend.cz/carnitine-100000-d13822.htm>
- [53] CHEN, L., BORBA, B. D., ROHRER, J.: *Determination of Myo-Inositol (Free and Bound as Phosphatidylinositol) in Infant Formula and Adult Nutritionals*. California: Thermo Fisher Scientific, 2014 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CMD/Application-Notes/AN-1083-IC-Myo-Inositol-Infant-Formula-Adult-Nutritionals-AN70908-EN.pdf>
- [54] PATEL, K.: *Inositol*. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://examine.com/supplements/inositol/#sources-and-significance_sources
- [55] OPLETAL, L.: *Přírodní látky a jejich biologická aktivita: Primární metabolity a látky obsažené ve strukturovaných biologických systémech*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1884-5.
- [56] HIGGINS, J.P., ORTIZ B.L.: *Energy Drink Ingredients and their Effect on Endothelial Function: A Review*. International Journal of Clinical Cardiology. Houston: Higgins JP. 1-6. ISSN 2378-2951.
- [57] OTTEN, J.J., HELWIG J. P., MEYERS, L.D.: *Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements*. Vyd. 1. Washington, DC: The National Academies Press, 2006. ISBN 978-0-309-15742-1. DOI:10.17226/11537.
- [58] SHELLACK, G., HARIRARI, P., SCHELLACK, N.: *B-complex vitamin deficiency and supplementation*. S Afr Pharm J. 2015. (4). 28-32
- [59] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-4-5.
- [60] FAJFROVÁ, J.: *Vitaminy a jejich funkce v organizmu*. Interní medicína pro praxi. Olomouc: SOLEN, **2011**(12), 466-468

- [61] GUILBEAU, J.: *Health Risks of Energy Drinks: What Nurses and Consumers Need to Know*. Nursing for Women's Health. 2012. **16**(5). DOI: 10.1111/j.1751-486X.2012.01766.x. ISSN 1751-4851.
- [62] AL-SHAAR, L., VERCAMMEN, K., LU, CH., RICHARDSON, S., TAMEZ, M., MATTEI, J.: *Health Effects and Public Health Concerns of Energy Drink Consumption in the United States: A Mini-Review*. Frontiers in Public Health. 2017, **5**, 1-6. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00225. ISSN 2296-2565.
- [63] BRAIN, M., BRYANT, CH., CUNNINGHAM, M.: *How Caffeine Works*. HowStuffWorks. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/caffeine.htm>
- [64] MARCZINSKI, C., FILLMORE, M.: *Energy drinks mixed with alcohol: what are the risks?*. Nutrition Reviews. (72), 98–107. DOI: 10.1111/nure.12127. ISSN 00296643.
- [65] SORKIN, B.C, K. CAM, C.J HAGGANS, P.A DEUSTER, L HAVERKOS, P MARUVADA, E WITT a P.M COATES.: *Executive summary of NIH workshop on the Use and Biology of Energy Drinks: Current Knowledge and Critical Gaps*. Nutrition Reviews. 2014, **72**, 1-8. DOI: 10.1111/nure.12154. ISSN 00296643.
- [66] TAYLOR, Leslie. *Herbal secrets of the rainforest: the healing power of over 50 medicinal plants you should know about*. 2. Rocklin, CA: Prima Pub., 1998. ISBN 9780761517344.
- [67] *Léčivé rostliny*. Přeložil Jana JINDROVÁ. Praha: Ottovo nakladatelství, 2010. Ottův průvodce přírodou. ISBN 978-80-7360-588-9.
- [68] OPLETAL, L.: *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Vydání první. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-2084-8.
- [69] YUNUSA, I., AHMAD, I.: *Energy- Drinks: Composition and Health Benefits*. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences. 2012, **4**(2), 186-191. DOI: 10.4314/bajopas.v4i2.38. ISSN 2006-6996.
- [70] JABLONSKÝ, I., BAJER, J.: *Rostliny pro posílení organismu a zdraví*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. Česká zahrada. ISBN 978-80-247-1745-6.
- [71] GUPTA, R.: *Nutraceuticals: efficacy, safety, and toxicity*. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2016. ISBN 978-0-12-802147-7.

- [72] ALBERTS, A., MULLEN, P.: *Psychoaktivní rostliny, houby a živočichové: [od lilkovitých po mochromůrkové : určování, sběr, účinky]*. České vyd. 1. Praha: Svojtka & Co., 2002. ISBN 80-7237-448-6.
- [73] PAMPLONA ROGER, J.: *Encyklopedie léčivých rostlin*. Vyd. 1. Praha: Advent-Orion, 2008. Zdraví pro třetí tisíciletí. ISBN 978-80-7172-119-2.
- [74] BIOPORADCE: *Ženšen* [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://bioporadce.cz/zensen/>
- [75] SEMENA MARIHUANY: *Eleuterokok* [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.semena-marihuany.cz/cs/etnobotanika/5905-eleuterokok-sibirsky-zensen-koren-50g.html>
- [76] IRECEPTÁŘ: *Léčivá liána klanoplaška* [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zdravi/leciva-liana-klanopraska-jak-ji-pestovat-a-uzivat-plody-a-listy.html>
- [77] WAL, A., WAL, P., RAI, A.K., TIWARI, R., PRAJAPATI, S.: *Adaptogens With a Special Emphasis on Withania somnifera and Rhodiola rosea*. Nutrition and Enhanced Sports Performance. Elsevier, 2019, s. 407-418. DOI: 10.1016/B978-0-12-813922-6.00034-5. ISBN 9780128139226.
- [78] GO4BALANCE: *Rhodiola*. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.go4balance.eu/en/blog/58-2018-06-26-rhodiola-reducing-anxiety-depression-and-fatigue>
- [79] CHIANG, H-M., CHEN, H-CH., WU, CH-SH., WU PO-Y., WEN, KU-CH.: *Rhodiola plants: Chemistry and biological activity*. Journal of Food and Drug Analysis. 2015, **23**(3), 359-369. DOI: 10.1016/j.jfda.2015.04.007. ISSN 10219498.
- [80] RHODIOLA ROSEA ROOT: *Aliexpress* [cit.2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/1000g-Rhodiola-Rosea-Root-Rare-Tibet-Pure-Wild-Chinese-Medicine-Herbs-Anti-Fatigue-Kidney-Liver-Herbal/32473105918.html>
- [81] CONCERTO, C., INFORTUNA, C., MUSCATELLO, M., BRUNO, A., ZOCCALI, R., CHUSID, E., AGUGLIA, E., BATTAGLIA, F.: *Exploring the effect of adaptogenic Rhodiola Rosea extract on neuroplasticity in humans*. Complementary Therapies in Medicine. 2018, **41**, 141-146. DOI: 10.1016/j.ctim.2018.09.013. ISSN 09652299.

- [82] SHAWAN, M., HOSSAIN, M., BANIK, S., MORSHED, M., HASAN, M.: *Determination of pH, caffeine and reducing sugar in energy drinks available in Bangladesh*. New York Science Journal. New York, 2009. (2) ISSN 1554-0200
- [83] REDIVO, L., STREDANSKÝ, M., ANGELIS, E., NAVARINI, L., RESMINI, M., ŠVORC, L.: *Bare carbon electrodes as simple and efficient sensors for the quantification of caffeine in commercial beverages*. Royal Society Open Science. 2018, **5**(5). DOI: 10.1098/rsos.172146. ISSN 2054-5703.
- [84] GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A., RYBICKA, I.: *Simultaneous Determination of Caffeine and Water-Soluble Vitamins in Energy Drinks by HPLC with Photodiode Array and Fluorescence Detection*. Food Analytical Methods. 2015, **8**(1), 139-146 DOI: 10.1007/s12161-014-9880-0. ISSN 1936-9751.
- [85] VIANA, C., ZEMOLIN, M.G., MOLIN, T., GOBO, L., RIBEIRO, S.M., LEAL, G.C., MARCON, G.Z., CARVALHO, G.Z.: *Detection and determination of undeclared synthetic caffeine in weight loss formulations using HPLC-DAD and UHPLC-MS/MS*. Journal of Pharmaceutical Analysis. **8**(6), 366-372. DOI: 10.1016/j.jpha.2017.12.004. ISSN 20951779.
- [86] ALI OMER, M., ALI OMAR, M., ABDELAZIZ, M., THIEL, A., ELBASHIR, A.: *Liquid Chromatographic and Spectrophotometric Determination of Taurine in Energy Drinks Based on O-Phthalaldehyde-Sulfite Derivatization*. Journal of Food Chemistry & Nanotechnology. 2019, **05**(01). DOI: 10.17756/jfcn.2019-065. ISSN 24714291.
- [87] VOCHYÁNOVÁ, B., OPEKAR, F., TŮMA, P.: *Simultaneous and rapid determination of caffeine and taurine in energy drinks by MEKC in a short capillary with dual contactless conductivity/photometry detection*. Electrophoresis. 2014, 1660–1665. DOI: 10.1002/elps.201300480|.
- [88] GÖTZ, S., REVERMANN, T., KARST, U.: *Quantitative on-chip determination of taurine in energy and sports drinks*. Lab Chip. 2007, **7**(1), 93-97. DOI: 10.1039/B609739A. ISSN 1473-0197
- [89] TRIEBEL, S., SPROLL, C., REUSCH, H., GODELMANN, R., LACHENMEIER, D.: *Rapid analysis of taurine in energy drinks using amino acid analyzer and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy as basis for toxicological evaluation*. Amino Acids. 2007, **33**(3), 451-457. DOI: 10.1007/s00726-006-0449-0. ISSN 0939-4451.

- [90] DĄBROWSKA, M., STAREK, M.: *Analytical approaches to determination of carnitine in biological materials, foods and dietary supplements*. Food Chemistry. 2014, **142**, 220-232. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.06.137. ISSN 03088146.
- [91] ANDRIANOVA, M.S., KUZNETSOV, E.V., GRUDTSOV, V.P., KUZNETSOV, E.A.: *CMOS-compatible biosensor for L-carnitine detection*. Biosensors and Bioelectronics. 2018, **119**, 48-54. DOI: 10.1016/j.bios.2018.07.044. ISSN 09565663.
- [92] WEGERT, K., MONAKHOVA, Y., KUBALLA, T., REUSCH, H., WINKLER, G., LACHENMEIER, D.: *Regulatory Control of Energy Drinks Using 1 H NMR Spectroscopy*. Lebensmittelchemie. 2012, **66(6)**, 143-145. DOI: 10.1002/lemi.201290113. ISSN 09371478.
- [93] RICCIUTELLI, M., CAPRIOLI, G., CORTESE, M., LOMBARDOZZI, A., STRANO, M., VITTORI, S., SAGRATINI, G.: *Simultaneous determination of taurine, glucuronolactone and glucuronic acid in energy drinks by ultra high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry (triple quadrupole)*. Journal of Chromatography A. 2014, **1364**, 303-307. DOI: 10.1016/j.chroma.2014.08.083. ISSN 00219673.
- [94] ZHANG, J-Y., BAE, T-W., BOO, K-H.: *Ginsenoside Production and Morphological Characterization of Wild Ginseng (Panax ginseng Meyer) Mutant Lines Induced by γ -irradiation (^{60}Co) of Adventitious Roots*. Journal of Ginseng Research. 2011, **35(3)**, 283-293. DOI: 10.5142/jgr.2011.35.3.283. ISSN 1226-8453
- [95] LIANG, Q., ZHANG, J., SU, X., MENG, Q., DOU, J.: *Extraction and Separation of Eight Ginsenosides from Flower Buds of Panax Ginseng Using Aqueous Ionic Liquid-Based Ultrasonic-Assisted Extraction Coupled with an Aqueous Biphasic System*. Molecules. 2019, **24(4)**. DOI: 10.3390/molecules24040778. ISSN 1420-3049.
- [96] ZHANG, L., WANG, S., QU, B., CHI, J., QUAN, Y., WU, X.: *Efficient separation determination of protopanaxatriol ginsenosides Rg1, Re, Rf, Rh1, Rg2 by HPLC*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2019, **170**, 48-53. DOI: 10.1016/j.jpba.2019.03.025. ISSN 07317085.

- [97] APERS, S., NAESSENS, T., MIERT, S., PIETERS, L., VLIETINCK, A.: *Quality control of roots of Eleutherococcus senticosus by HPLC*. PHYTOCHEMICAL ANALYSIS, 55-60. DOI: 10.1002/pca.811|.
- [98] LUCIO-GUTIÉRREZ, J., COELLO, J., MASPOCH, S.: *Application of near infrared spectral fingerprinting and pattern recognition techniques for fast identification of Eleutherococcus senticosus*. Food Research International. 2011, **44**(2), 557-565. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.11.037. ISSN 09639969.
- [99] VANHAELEN, M., VANHAELEN-FASTRÉ, R.: *Quantitative determination of biologically active constituents in crude extracts of medicinal plants by thin-layer chromatography-densitometry*. Journal of Chromatography A. 1984, **312**, 497-503. DOI: 10.1016/S0021-9673(01)92806-7. ISSN 00219673.
- [100] ZHANG, Q., ZHU, W., GUAN, H., LIU, H., YANG, W., WANG, H., CAI, D.: *Development of a matrix solid-phase dispersion extraction combined with high-performance liquid chromatography for determination of five lignans from the Schisandra chinensis*. Journal of Chromatography B. 2016, **1011**, 151-157. DOI: 10.1016/j.jchromb.2015.12.064. ISSN 15700232.
- [101] EKIERT, R., SZOPA, A., EKIERT, H., KRZEK, J., DZIK, E.: *Analysis of lignans in Schisandra chinensis fruits, leaves, biomasses from in vitro cultures and food supplements*. Journal of Functional Foods. 2013, **5**(4), 1576-1581. DOI: 10.1016/j.jff.2013.06.008. ISSN 17564646.
- [102] LEE, D-K, M.H YOON, Y.P KANG, J YU, J.H PARK, J LEE a S.W KWON.: *Comparison of primary and secondary metabolites for suitability to discriminate the origins of Schisandra chinensis by GC/MS and LC/MS*. Food Chemistry 2013, **141**(4), 3931-3937. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.06.064. ISSN 03088146.
- [103] ZHANG, Y., ZHOU, Z., ZOU, L., CHI, R.: *Imidazolium-based ionic liquids with inorganic anions in the extraction of salidroside and tyrosol from Rhodiola: The role of cations and anions on the extraction mechanism*. Journal of Molecular Liquids. 2019, **275**, 136-145. DOI: 10.1016/j.molliq.2018.11.009. ISSN 01677322.
- [104] BOOKER, A., JALIL, B., FROMMENWILER, D., REICH, E., ZHAI, L., KULIC, Z., HEINRICH, M.: *The authenticity and quality of Rhodiola rosea products*. Phytomedicine. 2016, **23**(7), 754-762. DOI: 10.1016/j.phymed.2015.10.006. ISSN 09447113.

- [105] MA, Y-CH., WANG, X-Q., HOU, F.: *Simultaneous quantification of polyherbal formulations containing Rhodiola rosea L. and Eleutherococcus senticosus Maxim. using rapid resolution liquid chromatography (RRLC)*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2011, **55**(5), 908-915. DOI: 10.1016/j.jpba.2011.03.013. ISSN 07317085.
- [106] SUO, Y, WANG, H., LI, Y., YOU, J., WANG, H.: *Analysis of Five Pharmacologically Active Compounds from Rhodiola for Natural Product Drug Discovery with Capillary Electrophoresis*. Chromatographia. 2004, **60**(9-10), 589-595 DOI: 10.1365/s10337-004-0415-5. ISSN 0009-5893.

6 PŘÍLOHY

Příloha 1: Energetická hodnota a referenční množství živin v gramech uvedené v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 [7]61

Příloha 2: Denní referenční hodnoty příjmu vitaminů uvedené v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 [7].....61

Příloha 1: Energetická hodnota a referenční množství živin v gramech uvedené v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 [3]

Energetická hodnota nebo název živiny	Referenční hodnota příjmu
Energie	8 400 kJ/2 000 kcal
Tuky celkem	70 g
Nasycené mastné kyseliny	20 g
Sacharidy	260 g
Cukry	90 g
Bílkoviny	50 g
Sůl	6 g

Příloha 2: Denní referenční hodnoty příjmu vitaminů uvedené v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 [3]

Vitamin	Denní referenční hodnota příjmu
Thiamin [mg]	1,1
Riboflavin [mg]	1,4
Niacin [mg]	16
Vitamin B ₆ [mg]	1,4
Kyselina listová [μg]	200
Vitamin B ₁₂ [μg]	2,5
Kyselina pantothenová [mg]	6
Vitamin C [mg]	80