

Stimulační látky přirozeně se vyskytující v potravinách

Zuzana Lamlová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Zuzana Lamlová
Osobní číslo:	T21210
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Gastronomické technologie
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stimulační látky přirozeně se vyskytující v potravinách

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

- Přehled stimulačních látek běžně přítomných v potravinách a nápojích.
- Popis účinku těchto látek na organismus.
- Faktory ovlivňující účinek těchto látek.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] STOHS, Sidney J. a Vladimír BADMAEV. A Review of Natural Stimulant and Non-stimulant Thermogenic Agents. *Phytotherapy Research*. 2016, 30(5), 732-740. ISSN 0951-418X. doi:10.1002/ptr.5583
- [2] CAMFIELD, David A, Con STOUGH, Jonathon FARRIMOND a Andrew B SCHOLEY. Acute effects of tea constituents L-theanine, caffeine, and epigallocatechin gallate on cognitive function and mood: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*. 2014, 72(8), 507-522. ISSN 00296643. doi:10.1111/nure.12120
- [3] TÜRKÖZÜ, Duygu a Nilüfer Acar TEK. A minireview of effects of green tea on energy expenditure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2015, 57(2), 254-258. ISSN 1040-8398. doi:10.1080/10408398.2014.986672

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Martina Bučková, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá stimulačními látkami, které se vyskytují nejen v běžných potravinách, ale také ve stále populárnějších doplňcích stravy. Práce formou literární rešerše přináší souhrn dostupných informací k nejčastěji používaným stimulačním látkám – konkrétně ke kofeinu, theobrominu, saponinovým ginsenosidům, steroidním saponinům a kapsaicinu. Zaměřuje se na jejich vlastnosti, působení na lidský organismus, přirozené i umělé zdroje a možná zdravotní rizika. Opírá se především o odborné články a vědecké studie, jejichž závěry nejsou vždy jednotné, což odráží komplexnost celé problematiky.

Klíčová slova: stimulační látky, doplňky stravy, kofein, theobromin, saponinové ginsenosidy, steroidní saponiny, kapsaicin

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with stimulants that are found not only in common foods but also in increasingly popular dietary supplements. Through a literature review, this thesis presents a summary of available information on the most commonly used stimulants - specifically caffeine, theobromine, saponin ginsenosides, steroidal saponins, and capsaicin. It focuses on their properties, effects on the human body, natural and artificial sources, and potential health risks. The work primarily draws on scholarly articles and scientific studies, whose conclusions are not always consistent, reflecting the complexity of the issue.

Keywords: stimulants, dietary supplements, caffeine, theobromine, saponin ginsenosides, steroidal saponins, capsaicin

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 DEFINICE STIMULAČNÍCH LÁTEK	12
2 KOFEIN	15
2.1 CHEMICKO-FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI KOFEINU	15
2.2 DOPORUČENÉ DENNÍ DÁVKY KOFEINU	15
2.3 METABOLISMUS KOFEINU	16
2.3.1 Kofein a těhotenství	17
2.3.2 Kofein a nikotin.....	19
2.4 VLIV KOFEINU NA NERVOVÝ SYSTÉM	19
2.5 VLIV KOFEINU NA KARDIOVASKULÁRNÍ SYSTÉM.....	22
2.5.1 Negativní vliv kofeinu.....	22
2.5.2 Pozitivní vliv kofeinu	23
2.5.3 Vliv kofeinu u dětí a dospívajících	23
2.6 VLIV KOFEINU NA KONCENTRACI VÁPŇÍKU V KOSTECH	24
2.7 VLIV KOFEINU NA FOSFODIESTERÁZU	25
2.8 VLIV KOFEINU NA METABOLISMUS TUKŮ	26
2.9 DIURETICKÝ ÚČINEK KOFEINU	27
2.10 SYNERGICKÝ ÚČINEK KOFEINU A JINÝCH LÁTEK	28
2.10.1 Kofein a katechiny	28
2.10.2 Kofein a taurin.....	29
2.10.3 Kofein a L-theanin	31
2.10.4 Kofein a L-karnitin.....	32
2.11 ZDROJE KOFEINU	33
2.11.1 Kávovník arabský (<i>Coffea arabica</i>) a kávovník statný (<i>Coffea canephora</i>)	34
2.11.2 Čajovník čínský (<i>Camellia sinensis</i>).....	36
2.11.3 Cesmína paraguajská (<i>Ilex paraquariensis</i>).....	37
2.11.4 Kola pravá (<i>Cola vera</i>).....	37
2.11.5 Guarana (<i>Paullinia cupana</i>).....	38
2.11.6 Doplnky stravy s obsahem kofeinu	39
3 THEOBROMIN.....	41
3.1 CHEMICKO-FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI THEOBROMINU	41
3.2 METABOLISMUS THEOBROMINU	41
3.3 VLIV ZPRACOVÁNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ A KAKAA NA OBSAH THEOBROMINU	42
3.4 VLIV THEOBROMINU NA CENTRÁLNÍ NERVOVOU SOUSTAVU	43
3.5 VLIV THEOBROMINU NA METABOLISMUS TUKŮ	43
3.6 ZDROJE THEOBROMINU	45

3.6.1	Kakaový prášek	45
3.6.2	Čokoláda.....	46
4	DALŠÍ LÁTKY SE STIMULAČNÍM ÚČINKEM	48
4.1	SAPONINOVÉ GINSENOSEDY	48
4.1.1	Rozchodnice růžová (<i>Rhodiola rosea</i>)	49
4.1.2	Klanopraška čínská (<i>Schisandra chinensis</i>)	51
4.1.3	Vitánie snodárná (<i>Withania somnifera</i> , <i>Aschwagandha</i>)	52
4.1.4	Ženšen pravý (<i>Panax ginseng</i>)	53
4.2	FUROSTANOL, SPIROSTANOL A DALŠÍ STEROIDNÍ SAPONINY <i>T. TERRESTRIS</i>	54
4.2.1	Kotvičník zemní (<i>Tribulus terrestris</i>)	55
4.2.2	Účinky na lidský organismus	56
5	KAPSAICIN.....	59
5.1	CHEMICKO-FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI KAPSAICINU	59
5.2	METABOLISMUS KAPSAICINU	60
5.3	VLIV KAPSAICINU NA REGULACI HMOTNOSTI	61
5.4	VLIV KAPSAICINU NA IMUNITNÍ SYSTÉM.....	62
5.5	ZDROJE KAPSAICINU	62
5.5.1	Chilli papričky	62
5.5.2	Doplňky stravy s obsahem kapsaicinu	64
	ZÁVĚR.....	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	91
	SEZNAM TABULEK.....	92
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	93

ÚVOD

V moderní společnosti, která je charakteristická vysokým pracovním nasazením, stresem a potřebou neustálého výkonu, se stimulační látky těší stále větší oblibě. Nejde přitom pouze o látky přirozeně se vyskytující v potravinách, ale také o ty, které jsou součástí široce dostupných doplňků stravy. Významnou roli v jejich rostoucí konzumaci hraje také marketing a reklama, které často zdůrazňují jejich „pozitivní“ účinky, aniž by věnovaly dostatečný prostor možným rizikům. Téma stimulačních látek je velmi aktuální – nejen z hlediska jejich rostoucí konzumace, ale také kvůli různorodým účinkům, které na lidský organismus mohou mít. Některé z těchto látek jsou dlouhodobě považovány za relativně bezpečné (například kofein), u jiných panují mezi odborníky ohledně jejich účinků rozpory, zejména při dlouhodobém nebo nadměrném užívání. V posledních letech se navíc rozšiřuje nabídka doplňků stravy obsahujících stimulační látky, které často slibují zlepšení fyzické výkonnosti, kognitivních funkcí nebo snazší hubnutí – a právě tyto produkty se stávají předmětem zájmu nejen spotřebitelů, ale i odborné veřejnosti.

Bakalářská práce má charakter literární rešerše. Zdrojovým materiálem jsou především odborné články, vědecké studie a relevantní publikace. Jak již bylo ale zmíněno výše, v některých případech nejsou závěry studií jednotné, což odráží komplexnost a rozporuplnost účinků některých látek v dlouhodobém měřítku. Práce je konkrétně zaměřena na tyto stimulační látky: kofein, theobromin, saponinové ginsenosidy, steroidní saponiny a kapsaicin. U většiny z nich jsou popsány jejich chemicko-fyzikální vlastnosti, přirozené zdroje či doplňky stravy, synergické působení s ostatními látkami (pokud jsou dokumentovány), účinky na lidský organismus a rovněž jejich potenciální zdravotní rizika.

Cílem této práce je tedy nejen podat přehled o dané problematice, ale i komplexně představit vybrané stimulační látky, popsat jejich účinky na lidské zdraví, způsoby jejich konzumace, zdroje a rovněž poukázat na jejich rostoucí výskyt nejen v běžné stravě, ale i ve formě doplňků stravy.

1 DEFINICE STIMULAČNÍCH LÁTEK

Stimulační látky, nebo též zkráceně stimulanty, jsou látky chemického charakteru, které dokáží v krátkém časovém intervalu zvýšit aktivitu organismu. Obvykle jsou za stimulanty považovány látky, jenž stimulují především aktivitu centrální nervové soustavy (CNS), a tím zvyšují momentální bdělost člověka. Mezi stimulanty však lze zařadit i látky podporující termogenezi. (Stohs, 2016) Mezi hlavní příznaky užití stimulancií patří zvýšení pozornosti, pocit pohody, zrychlení srdečního tepu nebo krevního tlaku. Některé přírodní stimulanty mohou navozovat také pocity euforie. (Národní zdravotnický informační portál, 2024)

Označením „stimulant“ je myšlen konkrétní typ tzv. psychoaktivní látky. Pojmem „psychoaktivní látky“ je označována široká skupina chemických sloučenin, jejichž účinky ovlivňují duševní stav a mohou vyvolávat silnou závislost. Tyto látky bývají zpravidla rozdělovány do tří hlavních kategorií:

- Látky běžně dostupné, vyskytující se ve volně prodejných výrobcích nebo konzumovaných potravinách (např. kofein, nikotin apod.)
- Léky na předpis
- Ilegální drogy (např. LSD, hašiš, marihuana, kokain, heroin apod.) (Národní zdravotnický informační portál, 2025)

Látky běžně dostupné jsou považovány za legální a mají mnohem mírnější efekt než látky ilegální. Přirozeně jsou obsaženy v potravinách v bezpečném množství, které nezpůsobuje žádné negativní účinky na zdravotní stav organismu. Konzumace látek stimulujících termogenezi, jako je kapsaicin, nevyvolává návyk. Avšak u kofeinu nebo u nikotinu vzniká závislost a po vysazení těchto látek dochází k abstinčním příznakům. Oproti tomu drogy, jsou ilegálními, nezákonnými a státem nepodporovanými omamnými nebo psychotropními látkami, které mají schopnost pozměnit jednu nebo více funkcí v organismu. Je jimi ovlivněna lidská psychika a může jimi být vyvolána závislost. Pro nelegální psychotropní látky platí totéž jako pro jakékoliv chemické sloučeniny obecně: jejich vnější přísun narušuje homeostatickou rovnováhu organismu a může vést k patologickým důsledkům. (Zábranský, 2003)

Látky stimulujícího charakteru jsou získávány extrakcí z různých částí rostlin – semen, kořenů, listů, bobulí, květů aj. V těchto extraktech jsou obsaženy bioaktivní látky – karotenoidy, polyfenoly, alkaloidy, flavonoidy, glykosidy, saponiny a další. Tyto látky lze

konzumovat z běžně se vyskytujících potravin anebo jako doplňky stravy. Užívání stimulantů je regulováno Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv, kde jsou klasifikovány právě jako „doplňky stravy“. Největším odběratelem těchto látek je sportovní průmysl, kde se jejich spotřeba za posledních deset let výrazně navýšila. (Sellami et al., 2018) Hojně jsou ale využívány také běžnou populací. V některých doplňcích stravy jsou totiž obsaženy směsi látek, jejichž vliv na redukci hmotnosti je propagován reklamním průmyslem. (Viana et al., 2015).

Světově nejvíce konzumovaným stimulantem je kofein. Jedná se o derivát methylxanthinu s obsahem purinové báze. Přirozeně je obsažen v kávě, čaji, kakau a v dalších přibližně šedesáti druzích rostlin. Během metabolismu kofeinu lidským organismem dochází ke vzniku tří metabolitů – paraxanthin, theobromin a theofyllin. (Reddy et al., 2024) Kofein může být také součástí některých běžných léků, jako jsou přípravky proti nachlazení a pro navození úlevy od bolesti. (Avois et al., 2006) Theobromin, který lze nalézt mimo jiné také v kakaových bobech, rozšiřuje cévy a má diuretické účinky. Theofyllin naopak rozšiřuje dýchací cesty a lze jej použít při léčbě astmatu. (Reddy et al., 2024).

Dalším významným, běžně dostupným stimulantem, který je vysoce návykový a čím dál tím víc oblíbený adolescenty, je nikotin. V roce 2023 bylo zaznamenáno užívání tohoto stimulantu u více než 50 % lidí ve věkové kategorii 15–24 let. (SZÚ, 2024) Nikotin je toxický rostlinný alkaloid, bez barvy a bez zápachu, přirozeně se vyskytující v tabáku. (Králíková, 2003) Je přítomen ve všech tabákových výrobcích, jako jsou cigarety aj. Nikotin stimuluje uvolňování neurotransmiterů v mozku. Jedním z nich je i dopamin, který vyvolává u člověka pocity štěstí a lepší nálady. Mimo to způsobuje také zvýšení krevního tlaku a srdeční frekvence. Při dlouhodobém užívání vzniká závislost, kterou lze přirovnat k závislosti na kokainu či heroinu. Může způsobit také poruchy nálady a zvýšenou impulzivitu. (Švábová, 2023)

Potravinovými zdroji, přirozeně obsahující stimulační látky, jsou káva, čaj, kakao, čokoláda, koření a chilli papričky. Požadavky na tyto potravinové zdroje jsou upravovány ve vyhláškách 187/2023 Sb., 76/2003 Sb., 157/2003 Sb. a 248/2018 Sb.

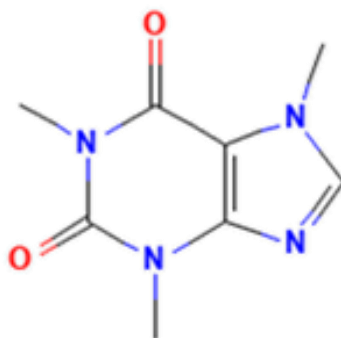
Stimulační látky lze konzumovat i ve formě doplňků stravy. Podle zákona č. 110/1997 Sb. v platném znění, *se doplňkem stravy rozumí potravinu, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravině samostatně nebo*

v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích. Dle směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/46/ES jsou doplňky stravy potraviny, jejichž účelem je doplňovat běžnou stravu a které jsou koncentrovanými zdroji živin nebo jiných látek s výživovým nebo fyziologickým účinkem. Na trh jsou uváděny samostatně nebo v kombinaci, ve formě dávek, a to ve formě tobolek, pastilek, tablet, pilulek a v podobných formách kapalných nebo sypkých výrobků. V rámci ČR je jejich použití regulováno vyhláškou č. 58/2018 Sb. o doplňcích stravy a složení potravin. (SZPI, 2019) Vyhláška obsahuje výčet adaptogenních rostlin a jiných látek schválených k použití a také seznam látek zakázaných. (Česko, 2018)

2 KOFEIN

2.1 Chemicko-fyzikální vlastnosti kofeinu

Tímto triviálním názvem je označován 1,3,5-trimethylxanthin. (Bezpečnost potravin, 2009–2025) Z chemického hlediska se jedná o bezbarvý prášek, bez zápachu, ale s mírně nahořklou chutí. Při pokojové teplotě je podobný škrobu, nebo se vyskytuje ve formě dlouhých hranolových krystalů. (Spiller, 1998) Kofein je heterocyklickou organickou sloučeninou s purinovou bází, jehož chemická struktura je uvedena na Obrázku 1, a je považován za alkaloidní sloučeninu. (Reddy et al., 2024) Molekulová hmotnost kofeinu je 194,19 g/mol. Bod varu byl stanoven na 178 °C. Při zahřátí a rozkladu uvolňuje toxické výpary – oxidy dusíku. Je rozpustný v oleji, chloroformu, a i ve vodě. Rozpustnost ve vodě je zvýšena alkalickými benzoáty, citráty, salicyláty a cinnamáty. (National Library of Medicine, 2025)



Obrázek 1 Struktura kofeinu

(zdroj: National Library of Medicine, 2025)

Spolu s theobrominem je nejznámějším zástupcem skupiny **purinových alkaloidů**. Purinové alkaloidy jsou nejrozšířenějšími alkaloidy vyskytujícími se v potravinách. Jsou to deriváty xanthinu. (Baumann and Frischknecht, 1988) Jako purinové alkaloidy jsou klasifikovány methylxanthiny, jako je kofein a theobromin nebo také methylurické kyseliny. (Ashihara et al., 2007)

2.2 Doporučené denní dávky kofeinu

Pro zdravého dospělého jedince byla nejvyšší doporučená denní dávka kofeinu stanovena na 400 mg. Tato dávka je považována za bezpečnou. (McLellan et al., 2016) Dle EFSA byla jednotlivá bezpečná dávka kofeinu, která nevyvolává u běžné zdravé populace žádné obavy

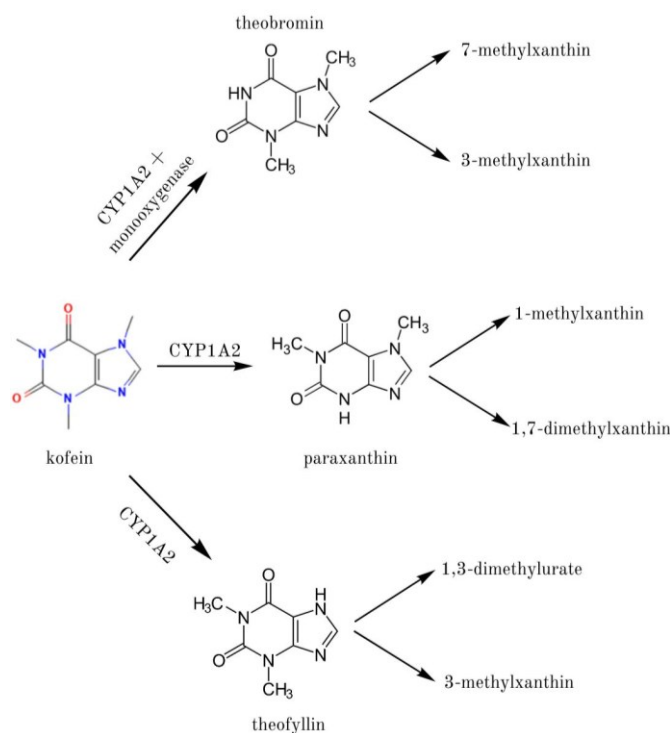
o bezpečnost, stanovena na < 200 mg. Jednotlivou dávkou 100 mg kofeinu, zkonsumovanou těsně před spaním, může být u dospělých ovlivněna kvalita a délka spánku. (EFSA, 2015) Vysoké jednotlivé dávky přesahující 300 mg mohou vést k akutní otravě kofeinem. Dlouhodobá konzumace kofeinu v množství přesahujícím 400–600 mg denně je již spojována s různými poruchami funkce organismu. Nadměrná spotřeba této látky bývá spojována s poruchami spánku, nervozitou a občasným svalovým třesem. (Marcinek et al., 2024) Smrtelná dávka kofeinu v krvi byla uvedena na 80 mg/ml. (Banerjee et al., 2014) Pro těhotné nebo kojící ženy byla bezpečná dávka kofeinu, která nijak neovlivní bezpečnost vývoje plodu, určena na < 200 mg/denně. U dětí a dospívajících byly jednotlivé dávky kofeinu stanoveny na stejné množství jako u dospělých. Důvodem je podobnost rychlosti vylučování kofeinu. (EFSA, 2015)

2.3 Metabolismus kofeinu

Kofein je možno do těla importovat různými způsoby. Od klasického perorálního požití, přes intravenózní podání injekcí, které je využíváno především při léčbě apnoe, po rektální zavedení ve formě čípků. (Reddy et al., 2024) Po vstřebání kofeinu gastrointestinálním traktem dochází k rozšíření kofeinu do ostatních tělních tekutin, jako je plazma, žluč, sliny, sperma atd. Díky jeho lipofilnímu charakteru je schopen projít všemi biologickými membránami, a to včetně hematoencefalitické bariéry. (Institute of Medicine (US), 2001) Maximální koncentrace kofeinu v plazmě je dosaženo po 30-120 minutách. (Zulli et al., 2016)

Metabolismus kofeinu (viz Obrázek 2) je započat v játrech. Primárním krokem je 3-demethylace kofeinu za pomoci enzymového systému cytochromu P450. Důležitou roli hrají izoenzymy systému – CYP1A2 a CYP2C9. Hlavním enzymem v procesu metabolismu kofeinu je CYP1A2, který katalyzuje až 90 % metabolických reakcí a je díky němu rozloženo přibližně 95 % kofeinu. Oxidační N-demethylací je kofein rozložen na tři metabolity – paraxanthin (1,7-dimethylxanthin), theobromin (3,7-dimethylxanthin) a theofyllin (1,3-dimethylxanthin). Hlavním metabolitem je paraxanthin, kterého vzniká cca 80 %. Zbylých dvou metabolitů vzniká přibližně 11 % (theobromin) a 4 % (theofyllin). Rychlost metabolismu kofeinu, resp. poločas jeho rozpadu, se liší individuálně a pohybuje se v širokém rozmezí od 2 do 12 hodin. Může být ovlivněn různými faktory, především genetickými, ale také např. kouřením nebo těhotenstvím. Při běžné konzumaci kofeinu pak může být rychlost vstřebání ovlivněna také obsahem žaludku, kdy bílkoviny a tuky

zpomalují vyprazdňování žaludku a tím snižují rychlost vstřebávání kofeinu přes sliznici tenkého střeva. Až 97 % kofeinu je vylučováno díky ledvinám prostřednictvím moči. Většina molekul kofeinu (98 %) je totiž soustředěno v ledvinách, z čehož vyplývá, že vylučování kofeinu je závislé na průtoku krve ledvinami a na tvorbě moči. Kromě toho je eliminace kofeinu závislá na dávce. Méně než 3 % kofeinu je vyloučeno nezměněně a velmi malé množství pak stolicí, potem nebo slinami. (Reddy et al., 2024)



Obrázek 2 Metabolismus kofeinu

(zdroj: Reddy et al., 2024)

2.3.1 Kofein a těhotenství

Během těhotenství se metabolismus kofeinu zpomaluje vlivem fyziologických změn, přičemž enzym CYP1A2 (cytochrom P450, rodina 1, podrodina A, člen 2) chybí v placentě i u plodu. (Rohweder et al., 2024) V důsledku těchto změn dochází už po prvním trimestru k prodloužení poločasu rozpadu kofeinu z 2,5–4,5 hodin na cca 15 hodin. (Qian et al., 2020) Ke konci těhotenství kofein volně prochází placentou a hromadí se v plodové vodě, pupečnickové krvi, moči a plazmě novorozenců. (Rohweder et al., 2024) Tím dochází ke značnému prodloužení působení kofeinu na tkáň matky i plodu.

Epidemiologickými studiemi bylo zjištěno, že konzumace kofeinu v určitých citlivých fázích těhotenství, může vyvolat epigenetické změny plodu.

Dle výzkumu na hlodavcích může být konzumací kofeinu ovlivněna i schopnost početí. Myším byly podávány vysoké dávky kofeinu, které odpovídaly 6–12 šálkům kávy u dospělého člověka, jeden týden před a během celého období březosti. V důsledku toho docházelo k opožděnému početí, nižší hmotnosti matky i nižší hmotnosti placenty. U samic potkanů, kterým byla podávána dávka kofeinu odpovídající 6 šálkům po dobu 4 po sobě jdoucích dnů, byla pozorována snížená plodnost kvůli zhoršené implantaci embrya. (Qian et al., 2020)

V přehledové studii věnované důsledkům příjmu kofeinu během těhotenství, bylo shrnuto 257 článků týkajících se této problematiky. Závěry plynoucí z uvedených studií však byly mnohdy odlišné. Například studií Beneduma et al., 2013, nebyla prokázána souvislost mezi příjmem kofeinu v dávkách < 100 mg, 100 mg a ≥ 200 mg denně a zvýšeným rizikem rozštěpu páteře. Ve studii Diena et al., 2018, byla potvrzena větší pravděpodobnost rozštěpu dutiny ústní u dětí matek, které konzumovaly jakékoli nápoje obsahující kofein. Studií Hoyta et al., 2014 bylo prokázáno, že příjem ≥ 300 mg/den, vede k nízké porodní hmotnosti vzhledem ke gestačnímu věku dítěte. Riziko nízké porodní váhy dětí bylo potvrzeno i ve studii Becha et al., 2015, při denním příjmu kofeinu vyšším než 800 mg/den. Podle studie Peacocka et al., 2018 nebyla spotřeba kofeinu překračující 200 mg/den spojena s nízkou hmotností pro gestační věk v prvním, druhém ani třetím trimestru. Bylo identifikováno šest studií, které naopak prokázaly spojení mezi konzumací kofeinu během těhotenství matkou a zvýšeným indexem tělesné hmotnosti porozených dětí. Studií z roku 2020 autorů Voermana et al. byly srovnány děti ve věku 6ti let, jejichž matky konzumovaly během těhotenství kofein v množství < 180 mg/den, s dětmi, jejichž matky konzumovaly 360–531 mg/den a 540 mg/den. U dětí, u kterých matky přijímaly 360–531 mg/den, byl zjištěn vyšší podíl tuku v játrech. U dětí, jejichž matky konzumovaly 540 mg/den, byl prokázán vyšší index tělesné hmotnosti a vyšší procento břišního tuku. (Rohweder et al., 2024)

Bylo zjištěno, že konzumace kofeinu v raném těhotenství může mírně zvyšovat riziko samovolného potratu. Systematický přehled autorů Greenwooda et al., (2014) uvádí, že s každým zvýšením příjmu kofeinu o 100 mg/den se riziko zvýšilo o 14 %, zatímco ve studii Zhaa et al. (2015) bylo během zvýšení konzumace kofeinu o 150 mg/den zaznamenáno zvýšení potratu o 19 %. Naopak v některých prospektivních studiích, Howards et al., 2012; Wen et al., 2001 a Pollack et al., 2010, nebylo prokázáno vyšší riziko samovolného potratu při denní konzumaci ≥ 300 mg kofeinu. (Baptiste-Roberts and Leviton, 2020)

2.3.2 Kofein a nikotin

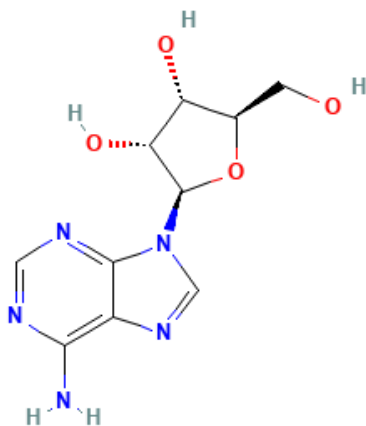
Konzumace tabákových výrobků obsahujících nikotin jde často ruku v ruce s konzumací kávy, která je zdrojem kofeinu. Ve složení tabákového kouře bylo zjištěno přes 4300 různých sloučenin, které mohou interagovat s jinými látkami. V kouři byly nalezeny polycyklické aromatické uhlovodíky, které se vážou na arylový uhlovodíkový receptor, kterým je indukována aktivita několika izoform cytochromu P450, včetně CYP1A2, který je zodpovědný nejen za metabolismus kofeinu, ale také za biotransformaci jeho metabolitů. Při pokusu na krysách byl sledován metabolismus metabolitů kofeinu při aplikaci kofeinu v dávce 10 mg/kg tělesné hmotnosti, vystavení tabákovému kouři po dobu 6 hodin, 5 dnů nebo vystavení tabákovému kouři po dobu 6 hodin, 5 dnů a injekční aplikaci kofeinu v dávce 10 mg/kg tělesné hmotnosti. Z odběrů krve bylo vyhodnoceno množství metabolitů kofeinu – paraxanthinu, theofylinu a theobrominu. Bylo zjištěno, že konstanta rychlosti eliminace paraxanthinu byla zvýšena 1,5krát. Při současné expozici tabákovému kouři a kofeinu byla ovlivněna rychlost biotransformace kofeinu na theofylin a rychlost eliminace theofylinu byla dvojnásobná. (Grela et al., 2013)

Bylo prokázáno, že kuřáci obecně konzumují více kávy než nekuřáci. Ve studii Bjørngaarda et al. (2017) byly zkoumány dva klíčové mechanismy, jejichž prostřednictvím může kouření zvýšit spotřebu kávy. Bylo potvrzeno, že jedním z mechanismů je právě zrychlený metabolismus kofeinu u kuřáků, který způsobuje nižší stimulační účinek kofeinu, a tím dochází k navyšování množství konzumované kávy. Druhý mechanismus behaviorální vazby, kdy je konzumace kávy spojena nejčastěji s přestávkou na cigaretu, nebyl dostatečně potvrzen. (Bjørngaard et al., 2017)

2.4 Vliv kofeinu na nervový systém

Struktura kofeinu je velmi podobná struktuře adenosinu (viz Obrázek 3). Adenosin je purinový nukleosid, který je obsažen ve všech tělních buňkách a je součástí dalších biologicky významných látek, např. adenosintrifosfátu. Významná je funkce adenosinu jako neuromodulátoru, kdy hraje roli při regulaci složitých procesů, jako je spánek, vzrušení, emoce aj. Tyto biologické účinky jsou zajišťovány prostřednictvím adenosinových receptorů, a to hlavně A1 a A2A. Tyto receptory jsou obsaženy nejen v CNS, ale také v jiných částech těla (játra, srdce, svaly aj.). (Klotz, 2000) Molekula kofeinu je vázána na adenosinový receptor, což brání navázání adenosinu, který inhibuje uvolňování chemických látek v mozku, jako je dopamin, které zvyšují vzrušení a podporují bdělost. Blokováním

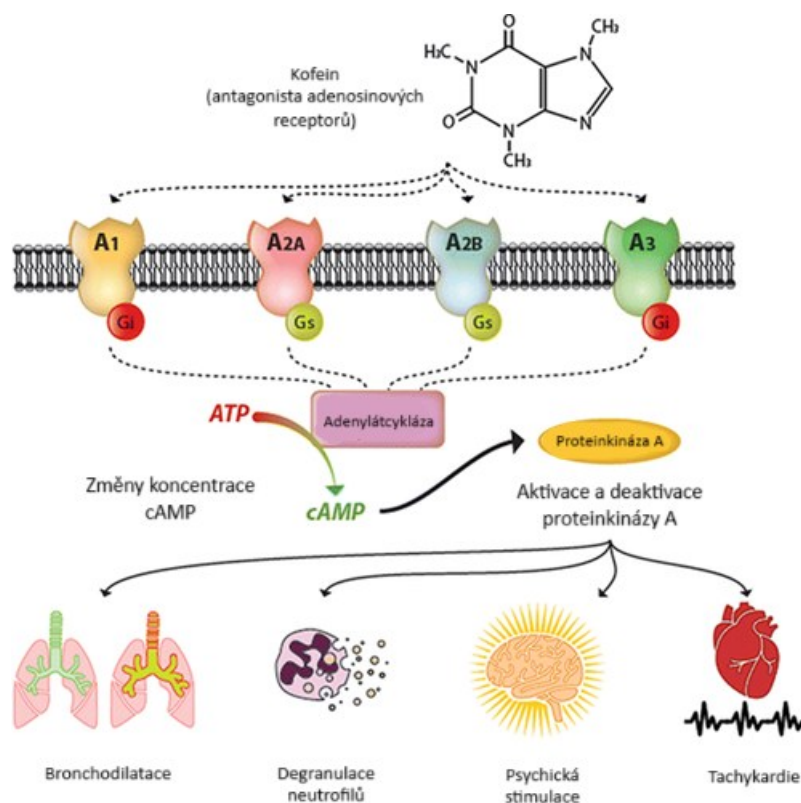
vazby adenosinu na jeho receptor kofeinem je zvýšeno uvolňování těchto stimulujících mozkových chemických látek, které snižují únavu a zvyšují bdělost. (Reddy et al., 2024) Schéma navázání kofeinu na adenosinové receptory je uvedeno na Obrázku 4.



Obrázek 3 Strukturní vzorec adenosinu

(zdroj: *National Library of Medicine*, 2025)

Blokací receptoru A1 kofeinem je dosaženo zvýšení hladiny látek, jako je serotonin, dopamin a noradrenalin, čímž je podpořena vyšší mozková aktivita a zvýšená hladina dopaminu v určitých částech mozku. Tímto účinkem může být také zvýšená fyzická aktivita. Blokádou receptorů A2A kofeinem jsou zvýšeny účinky dopaminu, a tím jsou stimulovány pohybové funkce. (Górska and Gołembiowska, 2014) Energizující účinky kofeinu na zlepšení fyzického a atletického výkonu jsou závislé na dávce. Bylo zjištěno, že jediná perorální dávka kofeinu (400 mg) udržuje fyzickou výkonnost během noci v časovém okně bez spánku. Další studie na experimentálních modelech ukazují, že injekce 16 mg/kg kofeinu zvýšila fyzickou aktivitu, zatímco předávkování ji snížilo. (Corsetti et al., 2008)



Obrázek 4 Navázání kofeinu na adenosinové receptory

(zdroj: Zulli et al., 2016)

Nežádoucím účinkem kofeinu je jeho návykovost. Pravidelnou konzumací je vytvořena závislost, kdy se při vysazení může projevit tzv. kofeinový abstinenci syndrom. (Juliano et al., 2012) Tento syndrom, nebo též tolerance ke konzumaci kofeinu, může být charakterizován jako desenzibilace vůči účinkům kofeinu mezi běžnými konzumenty, včetně geneticky disponovaných jedinců. (Turnbull et al., 2017) Tento stav se nejčastěji projevuje bolestí hlavy, ospalostí, únavou, podrážděností a potížemi se soustředěním. Dle publikované odborné studie se může i krátká kofeinová deprivace projevovat sníženou energií, letargií, zíváním, ospalostí, a dokonce i příznaky podobnými chřipce. (Juliano et al., 2012) Abstinenci příznaky se objevují 12–24 hodin po poslední konzumaci kofeinu a svého vrcholu dosahují po 20–48 hodinách. (Marcinek et al., 2024) Kofeinovou toleranci vyvolávají střední až vysoké dávky kofeinu ($< 2\text{--}9\text{ mg/kg}$). Tolerance na kofein se vyvíjí různě v závislosti na konkrétních účincích. Kofeinem je zvyšován systolický i diastolický krevní tlak. Při dávce 3 mg/kg/den se systolický tlak v první den zvýšil o $9,1 \pm 8,0\%$ a diastolický o $7,6 \pm 10,0\%$, přičemž tento účinek přetrvával prvních osm dní. Avšak po 20 dnech byla zjištěna tolerance krevního tlaku na účinek kofeinu – po požití kofeinu již nedošlo ke zvýšení. Na rozdíl od krevního tlaku, některé účinky, jako nervozita, zvýšená

vitalita, podrážděnost, nespavost a diuréza, přetrvávaly i po 20 dnech pravidelného užívání kofeinu. Tolerance vlivu kofeinu na krevní tlak je pravděpodobně způsobena adaptací katecholaminů a down-regulací adrenergických receptorů, zatímco jeho stimulační účinky zůstávají díky blokádě adenosinových receptorů. (Ruiz-Moreno et al., 2020)

2.5 Vliv kofeinu na kardiovaskulární systém

Účinky kofeinu na kardiovaskulární systém mohou být jak pozitivní, tak i negativní. Vše záleží na množství přijatého kofeinu, zdravotním stavu člověka, věku, pohlaví apod. Dle publikovaných odborných studií při běžné konzumaci kofeinu nedochází u zdravých jedinců k žádným zdravotním komplikacím. Turnbull et al. (2017) ve své studii uvedli, že při konzumaci kofeinu v množství do 600 mg/den je vliv na kardiovaskulární systém ve většině případů mírný, přechodný, reverzibilní a bez trvalého nežádoucího účinku. Množství kofeinu, kterým může být kardiovaskulární systém poškozen, je vyšší než 600 mg/den.

Mechanismus účinku kofeinu na kardiovaskulární systém je spojen s rychlým nárůstem krevního tlaku. Nárůst je způsoben podporou produkce katecholaminů, jako je adrenalin a noradrenalin, které zvyšují srdeční frekvenci a kontraktilitu a zároveň zužují krevní cévy. (Reddy et al., 2024) Adrenalin je sympatomimetický katecholamin produkováný dřením nadledvin, který je rozhodující při akutní stresové reakci těla. V malých dávkách působí adrenalin na β -receptory. Prostřednictvím β_1 -receptorů je uvolňován renin, zvýšena srdeční frekvence a kontraktilita myokardu. Aktivací β_2 -receptorů dochází k bronchodilataci, vazodilataci nebo tokolýze. Velké dávky naopak působí na α_1 -receptory, čímž je vyvolána zvýšená kontrakce hladkého svalstva cév, zornicového dilatátoru a střevního svěrače. (Dalal and Grujic, 2024)

2.5.1 Negativní vliv kofeinu

U pacientů trpících hypertenzí, onemocněním charakterizovaným zvýšením arteriálního krevního tlaku, které může způsobovat srdeční selhání, fibrilaci síní, mrtvici a další, může být konzumace vyšších dávek kofeinu riziková. Konzumací kávy je totiž okamžitě zvýšen jak systolický, tak i diastolický krevní tlak. (Islam et al., 2023) Ve studii Nurminena et al. (1999) bylo zjištěno, že zvýšení krevního tlaku po konzumaci kofeinu, je mnohem výraznější u hypertoniků nebo u osob náchylných k hypertenzi. U jedinců s normálním krevním tlakem byl jednorázovou dávkou kofeinu (200 ± 250 mg) systolický krevní tlak zvýšen o 14 ± 3 mmHg a diastolický krevní tlak o 13 ± 4 mmHg. Ke zvýšení dochází do 30 minut, kdy maximální vzestup nastává 60–120 min po příjmu kofeinu. (Nurminen et al., 1999)

V přehledu klinických studií věnovaných vlivu dlouhodobé konzumace kávy na krevní tlak od autorů Ha Jee et al., bylo shrnuto, že pití v průměru 5 káv denně zvyšuje systolický krevní tlak o 2,4 mmHg a diastolický tlak o 1,2 mmHg. S každou další konzumací kávy došlo k opětovnému zvýšení systolického tlaku o 0,8 mmHg a diastolického tlaku o 0,5 mmHg. (Ha Jee et al., 1999)

2.5.2 Pozitivní vliv kofeinu

Nedávnou studií Marcinka, Luzaka a Rozalskiho však bylo potvrzeno, že konzumací běžné denní dávky kofeinu, odpovídající doporučení 400 mg/den, má kofein naopak pozitivní účinek na kardiovaskulární systém. Účinky kofeinu na kardiovaskulární systém jsou zprostředkovány především bloádou adenosinových receptorů, které hrají klíčovou roli v regulaci průtoku krve, krevního tlaku, srdeční frekvence a kardioprotekci. Za běžných podmínek je adenosinová aktivace těchto receptorů způsobena inhibicí funkce krevních destiček. Působením kofeinu je však tato inhibice narušována, což může ovlivnit reaktivitu krevních destiček. V závislosti na dávce a době užívání kofeinu je jejich aktivita buď stimulována, nebo tlumena. Dlouhodobý příjem kofeinu byl spojen s možnou senzibilizací či up regulací adenosinových receptorů, čímž může být zvýšena akumulace cAMP (cyklický adenosinmonofosfát), podpořeny antiagregační účinky a sníženy hladiny vápníku. Reakce krevních destiček na inhibiční mechanismy indukované adenosinem může být podle výsledků některých studií ovlivněna chronickou expozicí kofeinu. (Marcinek et al., 2024)

Ve studii Zhoua a Hyppönena z roku 2019 bylo zjištěno, že lidé, kteří pili 1–2 šálky kávy denně, přičemž jeden obsahoval cca 75 mg kofeinu, měli nižší riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění v porovnání s lidmi, kteří nepili kávu vůbec, pili bezkofeinovou kávu anebo konzumovali více než 6 šálků kávy denně. (Zhou and Hyppönen, 2019)

2.5.3 Vliv kofeinu u dětí a dospívajících

U dětí a dospívajících je problémem volný prodej energetických a jiných nápojů obsahujících kofein. Energetické nápoje jsou propagovány jako nápoje zvyšující energii, koncentraci a zlepšující sportovní výkon. Avšak často obsahují mnohem vyšší dávky kofeinu než běžný šálek kávy, a také velké množství cukru. Mezi prokázanými negativními důsledky konzumace kofeinu byly zjištěny účinky na neurologický a kardiovaskulární systém, které následně mohou způsobit závislost. Byly popsány významné hemodynamické změny u zdravých mladých jedinců po konzumaci energetického nápoje. Mezi změnami byl

zvýšený systolický a diastolický krevní tlak, zvýšený srdeční výdej a zátěž myokardu a snížená rychlost průtoku krve mozkem. (Soós et al., 2021) Ve studii Vettera a Naima byly popsány negativní účinky nadměrného užívání kofeinu u dospělých i u dospívajících. Bylo potvrzeno, že rychlou konzumací kofeinu je vyvolán nárůst tvorby katecholaminů (především adrenalinu), čímž je snížen průtok krve myokardem, zvýšena jeho spotřeba kyslíku a oslabena kontraktilita. To může vést ke snížené perfuzi myokardu a srdeční ischemii. Kofein může ovlivnit prodloužení QTc (korigovaný QT interval) intervalu, což může vést k hypertenzi, infarktu myokardu, disekci aorty a koronárních tepen, arytmiím a v extrémních případech i k náhlé srdeční smrti. U dospělých mohou být tyto negativní účinky pozorovány při dávce 4–12 mg/kg, a především u osob se zvýšenou citlivostí, s onemocněním kardiovaskulárního systému nebo při kombinaci kofeinu s dalšími látkami. U dětí a dospívajících bude možné tyto účinky pozorovat při nižším množství, neboť mají adolescenti obecně nižší hmotnost a rychlejší metabolismus. (Vetter and Naim, 2024) Dle Turnera, Aliho, Whama a Rutherford-Markwicka konzumuje většina adolescentů Nového Zélandu ve věku 15–18 let alespoň jeden kofeinový produkt denně a přibližně pětinou dospívajících byla konzumována vyšší dávka, než je doporučená denní dávka 3 mg/kg/den. Konzumace kofeinu v tomto věku je spojena s dalšími riziky, neboť se jedná o vývojové období, během kterého mozek prochází změnami. Spánek je pro vývoj mozku důležitý, ale takto vysoké dávky kofeinu u dospívajících mohou vyvolat problémy se spánkem a ospalostí během dne. (Turner et al., 2023)

Obzvláště riziková je i současná konzumace kofeinu a jiných stimulujících látek, jako jsou amfetaminy, kokain, efedrin nebo léky na ADHD. V důsledku souběžné konzumace těchto látek může docházet ke vzniku vedlejších nežádoucích účinků kofeinu, jako jsou úzkosti, nervozita, ale také zrychlený srdeční tep. V některých případech může být negativně ovlivněn účinek léků na snížení krevního tlaku. (Reddy et al., 2024)

2.6 Vliv kofeinu na koncentraci vápníku v kostech

Dalším biochemickým účinkem kofeinu je schopnost uvolňovat vápník ze zásob. K uvolňování vápníku však dochází pouze při vyšších, až nadměrných dávkách kofeinu. (Reddy et al., 2024) Kofein je schopen aktivovat kalciové kanály citlivé na ryanodin, které jsou situovány v endoplazmatickém a sarkoplazmatickém retikulu, což vede k uvolnění intracelulárního vápníku. (Tavares and Sakata, 2012) Mobilizací vápníku je ovlivněn také příjem a ukládání vápníku v sarkoplazmatickém retikulu ve svalové tkáni. To vede ke

zvýšení síly a vytrvalosti srdečního a kosterního svalstva. (Reddy et al., 2024) V experimentální studii byla potvrzena zvýšená akutní ztráta vápníku močí u zdravých mladých žen (průměrný věk 25 let) po podání 150–300 mg kofeinu nebo 6 mg/kg tělesné svalové hmoty. Dlouhodobými epidemiologickými studiemi byla zjištěna významná pozitivní souvislost mezi příjmem kofeinu a hustotou kostí a rizikem zlomenin. V Nurses' Health Study byla zjištěna souvislost mezi příjmem více než 192 mg kofeinu denně a rizikem zlomenin kyčle. Nejrizikovější skupinou byly ženy, které konzumovaly více než 4 šálky kávy denně. Ty měly třikrát vyšší riziko zlomeniny kyčle ve srovnání s ženami, které kávu nepily vůbec, nebo zřídka. Experimentálními i observačními studiemi bylo prokázáno, že dlouhodobý vysoký příjem kofeinu u žen má negativní dopad na metabolismus vápníku a kostí a je spojen se ztrátou kostní hmoty nebo zvýšeným rizikem zlomenin. Avšak konzumace malého až středního množství kofeinu (1–2 šálky kávy denně) při dostatečném příjmu vápníku (alespoň 600 mg denně) pravděpodobně nemá významné fyziologické účinky. (Spiller, 1998)

Vzhledem k vysoké konzumaci kofeinu dětmi a dospívajícími, je spekulováno o spojitosti mezi vysokým příjmem kofeinu v dětství a osteoporózou. Bylo provedeno mnoho studií se snahou prozkoumat vztah mezi kofeinem a snížením vstřebatelnosti vápníku v kostech. Klinické studie však měly nejednotné závěry. Sníženou hustotu kostní hmoty u dětí a dospívajících způsobenou konzumací kofeinu nepotvrdila ani studie autorů Cui et al. (2023). Ve studii byla provedena analýza 2 994 subjektů s průměrným věkem $13,48 \pm 3,32$ let na základě dvou 24 h rozhovorů týkajících se spotřeby kofeinu jednotlivců. Do analýzy byly zahrnuty všechny kofeinové nápoje a potraviny, včetně čokolády nebo limonád, které subjekty běžně konzumují. Mezi skupinou konzumující kofein a skupinou nekonzumující kofein však nebyly v hustotě kostní hmoty žádné rozdíly. Závěrem bylo uvedeno, že studie nepotvrzuje souvislost mezi spotřebou kofeinu a snížení hustoty kostní hmoty u dětí a dospívajících, avšak je potřeba provést více studií zkoumající tento vliv kofeinu. (Cui et al., 2023)

2.7 Vliv kofeinu na fosfodiesterázu

Při nadměrných dávkách kofeinu dochází také k inhibici enzymu fosfodiesteráza. Fosfodiesterázy je skupina enzymů, které hydrolyzují cyklické nukleotidy a hrají tak klíčovou roli v regulaci intracelulárních hladin druhých posílů cAMP a cGMP (cyklický guanosinmonofosfát), a tedy i buněčné funkce. Fosfodiesterázy jsou aktivní ve všech

buňkách těla, přičemž různé izoenzymy mají specifickou distribuci v buňkách a subcelulárních strukturách. Tato rozmanitost poskytuje možnosti pro selektivní terapeutické cíle. (Boswell-Smith et al., 2006) Fosfodiesterázy katalyzují přeměnu cAMP na AMP (adenosinmonofosfát), čímž snižují hladinu cAMP v buňce a tím i jeho biologický účinek. Kofein, který inhibuje aktivitu fosfodiesteráz, brání této přeměně, což vede k vyšší koncentraci cAMP. Tento efekt následně nepřímo ovlivňuje buněčný metabolismus, který závisí na produkci a množství cAMP. Mezi důsledky tohoto procesu patří například účinky připomínající stimulaci sympatického nervového systému, jako je zvýšený krevní tlak, zrychlený srdeční tep, vyšší bazální metabolismus a větší množství volných mastných kyselin v krvi. (Acheson et al., 2004)

2.8 Vliv kofeinu na metabolismus tuků

Studiemi bylo prokázáno, že kofein podporuje využití tukové tkáně jako zdroje energie, a to jak v klidovém stavu, tak i během cvičení s nízkou nebo střední intenzitou. Dávky kofeinu ve studiích se pohybovaly v rozmezích 3–6 mg/kg tělesné hmotnosti. (Gutiérrez-Hellín et al., 2023) Během submaximálního aerobního cvičení může být kofeinem zvýšeno využívání tuků jako zdroje energie pro stahující se svaly na úkor sacharidů. Podpora oxidace tuků kofeinem probíhá prostřednictvím sympatického nervového systému, při jehož aktivaci dochází ke zvýšenému uvolňování katecholaminů, volných mastných kyselin a stimulaci lipolýzy. Hypoteticky by mohl být tento jev ovlivněn konzumací jídla před fyzickou aktivitou. Bylo zjištěno, že rychlost oxidace tuků během cvičení po nasycení jídlem obsahujícím min. 25 g sacharidů, je zpomalena oproti oxidaci tuků během cvičení nalačno. (Fernández-Sánchez et al., 2024)

Autory Achesonem et al. (2004) bylo v jejich článku odkazováno na studii Butchera et al. z roku 1968, kde byl pozorován odlišný mechanismus oxidace tuků. Lipolýza byla kofeinem zvýšena za pomoci inhibice fosfodiesterázy. Tímto enzymem je totiž katalyzována přeměna cAMP na AMP. Cyklickým AMP je aktivována neaktivní hormon senzitivní lipáza a tím podpořena lipolýza. Autory byl prokázán synergický účinek kofeinu a lipolytických hormonů, jako je adrenalin, které zvyšují koncentraci cAMP. Bylo tedy podpořeno tvrzení, že kofeinem lze stimulovat klidový energetický výdej, mobilizaci lipidů a oxidaci tuků. Dále bylo v této studii potvrzeno zvýšení výdeje energie po podání kofeinu. Subjektům byl podán kofein nebo 500 mg laktózy jako placebo. Subjektům byly do obou paží zavedeny katetry. Do jedné paže byla zavedena infuze kofeinu či placebo a z druhé paže byly odebrány vzorky

arterializované žilní krve. Po 1 hodině byla testovanými osobami spolknuta kapsle obsahující kofein nebo kapsle obsahující placebo. O tři hodiny později byly podány želatinové tobolky s pomalým uvolňováním obsahující kofein v dávce 5 mg/kg hmotnosti a čistý kofein ve stejné dávce 5 mg/kg. Výsledky bylo potvrzeno zvýšení energetického výdeje čistým kofeinem, který během poslední hodiny testu dosáhl hodnoty $1,55 \pm 0,038$ kcal/min, což bylo významně vyšší, než po podání buď kofeinu s pomalým uvolňováním ($1,40 \pm 0,04$ kcal/min) nebo placebo ($1,37 \pm 0,036$ kcal/min). (Acheson et al., 2004)

V randomizované studii provedené na 20 zdravých mladých ženách byly účastnice rozděleny do dvou skupin. Jedna skupina konzumovala 150 ml bezkofeinové kávy a druhá kávu s obsahem 200 mg kofeinu. Na konci studie bylo u žen, které pily kávu s kofeinem, zaznamenáno průměrné zvýšení termogeneze o 7 ± 4 % po dobu 3 hodin. (Türküzü and Tek, 2017)

V analýze autorů Conger, Tuthill a Millard-Stafford z roku 2022 byl porovnán účinek kofeinu na oxidaci tuků během fyzické aktivity a v klidovém stavu. Je známo, že oxidace tuků klesá s rostoucí intenzitou cvičení, což je v souladu s větší závislostí na sacharidech. U studií za klidových podmínek bylo 63 % z nich provedeno za podmínek na lačno, což mohlo navozovat metabolismus tuků bez ohledu na fyzickou zdatnost nebo pohlaví účastníků. Bylo zjištěno, že při cvičení s nízkou intenzitou nebo klidovém režimu je více jak 90 % energie dodáváno z tukových zásob. Maximální míry oxidace tuků je dosaženo při 59–64 % VO_2 max u trénovaných jedinců a při nižších hodnotách u běžné populace (47–52 % VO_2 max). (Cogner et al., 2022)

2.9 Diuretický účinek kofeinu

Kofein je považován za mírné diuretikum. Mechanismus kofeinem indukované diurézy není dosud zcela objasněn. Je předpokládáno, že methylxanthiny, jako je kofein, mohou inhibovat fosfodiesterázy v proximálních tubulech ledvin a tím přispět k diuretickému účinku. (Zhang et al., 2016) Druhým mechanismem může být zvýšení rychlosti glomerulární filtrace ledvin. (Peerapen and Thongboonkerd, 2018) Vzhledem k častému užívání kofeinu ve sportovním průmyslu, vyvstávají obavy z nadměrné ztráty tekutin a zhoršení vytrvalostního výkonu. Bylo prokázáno, že během rehydratace po cvičení zvýšilo požití kofeinového nápoje objem moči a tím i spotřebu tekutin. Z těchto důvodů bylo např. pro pracovníky vykonávající dlouhodobou práci v horkém klimatu doporučeno, aby se vyhýbali nápojům s kofeinem. Studií autorů Zhang et al. nebyly obavy z nadměrné ztráty tekutin v souvislosti s konzumací

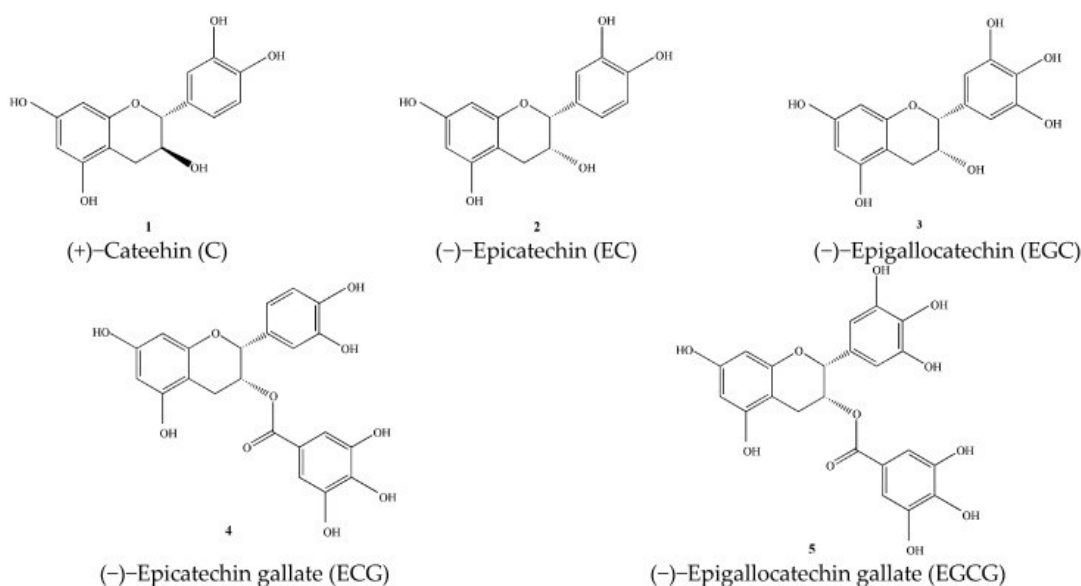
koфеinu potvrzeny. Požití středních dávek kofeinu (300 mg) nevedlo k žádnému významnému diuretickému účinku. Avšak, v metaanalýze podskupin, byl zjištěn rozdíl mezi pohlavími, kdy u žen docházelo až k 6krát vyššímu diuretickému účinku než u mužů. (Zhang et al., 2016)

2.10 Synergický účinek kofeinu a jiných látek

2.10.1 Kofein a katechiny

Katechiny jsou zařazeny do skupiny tzv. čajových polyfenolů. Nejdůležitějšími katechiny jsou katechin, epikatechin, epigalokatechin, epikatechin galát a epigalokatechin galát. Jejich strukturní vzorce jsou uvedeny na Obrázku 5. (Zhao et al., 2022) Jejich chemická struktura je tvořena polyfenolickým kruhem, který je kondenzován s šestičlenným heterocyklickým kruhem obsahujícím kyslík. V poloze 2 tohoto kruhu je nesen další polyfenolický kruh.

(Velayutham et al., 2008)



Obrázek 5 Chemické struktury katechinů izolovaných z čaje

(zdroj: Zhao et al., 2022)

V přehledu autorů Türközü a Tek bylo prokázáno, že kombinací katechinů a kofeinu dochází k synergickému efektu na termogenezi a energetický výdej. Ve studii autorů Borchardta and Hubera byli účastníci rozděleni do tří skupin a dostávali extrakt ze zeleného čaje (90 mg epigalokatechinu + 50 mg kofeinu), samotný kofein (50 mg) nebo placebo. Výsledky ukázaly výrazné zvýšení energetického výdeje (o 4 %) za 24 h u kombinace katechinu a kofeinu oproti placebo nebo samotnému kofeinu. Bylo dosaženo také výrazného

zvýšení oxidace tuků u skupiny, která dostávala extrakt ze zeleného čaje, oproti skupinám s placebem nebo pouze kofeinem. V jiné studii Gregersena et al. byly porovnávány různé dávky katechinů a kofeinu (493–840 mg katechinů + 150 mg kofeinu) na energetický výdej u mladých mužů po dobu 13,5 h, kdy bylo dosaženo nejvýznamnějšího růstu při dávce 600 mg katechinu a 150 mg kofeinu. Výsledky studií tedy ukázaly, že při společném podání těchto látek se energetický výdej zvýšil výrazně více než při podání samotného epigalokatechinu galátu nebo kofeinu. (Türközü and Tek, 2017)

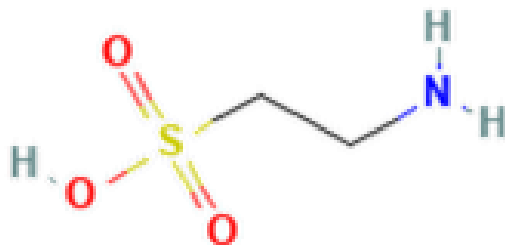
Katechiny jsou nejvíce zastoupeny v široké škále ovoce a zeleniny, v čaji, kakau, čokoládě, vínu nebo v bobulích acai. (Pedro et al., 2020) Nejvýznamnějším zdrojem je však čaj, protože je v něm obsažen mimo jiné také kofein. V zeleném čaji je obsažen především (-)-epigallocatechin-3-gallát, který je zodpovědný za velkou část zdraví prospěšných účinků zeleného čaje. Může tvořit až 50–80 % celkového množství katechinů v čaji. (Khan and Mukhtar, 2007) Ve vylouhovaném zeleném čaji (250 ml) je obsaženo v průměru 50–100 mg katechinů a 30–50 mg kofeinu. (Türközü and Tek, 2017) Obsah katechinů je ovlivněn mnoha faktory, jako je způsob sušení čajových lístků, stupeň fermentace, příprava nálevu a bezkofeinace. Biologická dostupnost je také poměrně nízká. Plazmatická koncentrace katechinů je údajně tvořena jen 0,2–2 % z požitého množství. (Velayutham et al., 2008)

2.10.2 Kofein a taurin

Kofein je velmi často přidáván do různých nealkoholických nápojů (např. energetických) spolu s jinými látkami, se kterými může působit synergicky. Nejčastěji je kombinován s taurinem. Taurin je derivátem cysteinu. Jedná se o kyselinu 2-aminoethansulfonovou, jejíž chemickou strukturu lze vidět na Obrázku 6. Běžnou stravou je možné přijmout 40–400 mg/denně. V energetických nápojích však mohou být hladiny taurinu mnohem vyšší, a to 750 až 1000 mg/porci. Klinikou Mayo bylo doporučeno nepřekračovat více než 3000 mg/denně. (Curran and Marczyński, 2018) Jeho dalšími funkcemi je kontrola neuronální excitability, stabilizace membrán, produkce žlučových solí a detoxikace některých xenobiotik. Mimo to je známo, že taurinem je modulováno uvolňování vápníku během cvičení, což může přispívat k homeostáze vápníku, metabolismu tuků a lepšímu sportovnímu výkonu. Na druhou stranu, spojením kofeinu a taurinu může být negativně ovlivněn kardiovaskulární systém. (Mihaiescu et al., 2024) Synergický efekt kofeinu a taurinu na srdeční parametry byl zkoumán také ve studii autorů Baum a Weiß. Z výsledků studie nebylo výše uvedené tvrzení o negativním vlivu kofeinu a taurinu na kardiovaskulární systém potvrzeno. Ve studii byl sledován vliv energetických nápojů značky Red Bull na

srdeční parametry před a po fyzické zátěži. Ve studii bylo zahrnuto 13 trénovaných vytrvalostních sportovců, kteří byli podrobeni testování po dobu dvanácti týdnů. Před konzumací testovaného nápoje byla vždy změřena tepová frekvence, která se průměrně pohybovala v hodnotách cca 53 tepů/min. Účastníkům byly podávány 3 vizuálně a chuťově stejné nápoje, ale s rozdílným složením, vždy 40 min před fyzickou zátěží. Skupině osob D1 byl podáván nápoj bez taurinu a bez kofeinu, skupině D2 nápoj bez taurinu a se 160 mg kofeinu a skupina D3 konzumovala nápoj se 2 g taurinu a 160 mg kofeinu. Po fyzické zátěži bylo pozorováno zvýšení srdečního rytmu u skupin osob D2 a D3. Skupině D2 bylo naměřeno 70 ± 11 tepů/min a skupině D3 70 ± 15 tepů/min. Oproti tomu skupině D1 bylo naměřeno jen 65 ± 15 tepů/min. (Baum and Weiß, 2001)

Studie Peacocka, Martina a Carra (2013) byla zaměřena na sledování vlivu společné konzumace kofeinu a taurinu na reakční dobu u 19 studentek vysokoškolaček. Během sezení byly účastníkům podány dvě identické tobolky – placebo/placebo, taurin/placebo, kofein/placebo a kofein/taurin. Dávky byly shodné s obsahem ve standardním 250 ml nápoji RedBull (80 mg kofeinu a 1000 mg taurinu). Následně studentky podstoupily behaviorální testy. Bylo zjištěno, že samotný kofein neovlivnil výkon u vizuálního „oddball paradigma“ testu (test, kde je mezi běžné podněty náhodně zařazen nějaký jiný a subjekty tuto změnu musí zaznamenat), avšak u úlohy „stimulus degradation“ (úloha, která měří pozornost, schopnost snímat a zpracovávat informace za ztížených podmínek) byly prokázány podpůrné účinky kofeinu. Při samostatném podání taurinu nebyl zaznamenán žádný rozdíl ve srovnání s placebem. Bylo však detekováno, že taurin může zmírnit stimulační účinky kofeinu. Společným užitím kofeinu a taurinu byl zpomalen střední reakční čas. Závěrem bylo uvedeno, že nejvíce relevantním účinkem pro konzumenty energetických nápojů, je právě antagonistický vztah mezi kofeinem a taurinem. (Peacock et al., 2013)

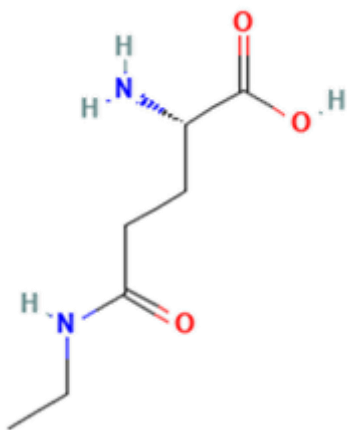


Obrázek 6 Taurin

(zdroj: National Library of Medicine, 2025)

2.10.3 Kofein a L-theanin

L-theanin je neproteinogenní aminokyselinou, jejíž chemická struktura je znázorněna na Obrázku 7. (Einöther et al., 2010) Je obsažena převážně v čajových lístcích. Testem komerčních vzorků čajů, kdy na jeden šálek bylo použito 1–3 g čaje, bylo zjištěno, že obsah L-theaninu v zeleném čaji byl 6,56 mg/g čajových lístků, v bílém čaji 6,26 mg/g, oolongu 6,09 mg/g a v černém čaji 5,13 mg/g. (Windsor, 2025) Tato neproteinogenní aminokyselina je nejčastěji konzumován společně s kofeinem, a to právě v čajových nápojích. Testováním spolupůsobení těchto dvou látek bylo dokázáno, že spolu navzájem interagují. (Einöther et al., 2010) Na základě dostupných dat lze spekulovat, že kofein a L-theanin vykazují rychlý nástup účinku díky své dobré vstřebatelnosti a schopnosti překonat hematoencefalickou bariéru. Jejich působení na mozek nastupuje přibližně do 45 minut, což koresponduje s pozorovanými změnami v EEG i v kognitivních funkcích. Zatímco kofein stimuluje centrální nervový systém a zvyšuje bdělost, L-theanin má relaxační účinky bez sedace. Jejich kombinace může vést k optimalizaci pozornosti a reakční rychlosti díky synergickému efektu – kofein podporuje aktivaci, zatímco L-theanin mírní nadměrnou stimulaci, čímž zlepšuje kvalitu kognitivního zpracování. (Kahathuduwa et al., 2018) Studie Kelly, Gomez-Ramirez, Montesi a Foxe z roku 2008 bylo zjištěno, že 100 mg L-theaninu spolu s 50 mg kofeinu zlepšilo pozornost testovaných subjektů. (Kelly et al., 2008) Autory Yoto, Motoki, Murao and Yokogoshi byl zkoumán účinek L-theaninu a kofeinu na změnu krevního tlaku při fyzické a psychické zátěži. Ve studii bylo zahrnuto 14 účastníků, kteří konzumovali buď 200 mg L-theaninu + placebo, 100 mg kofeinu + placebo anebo placebo. Poté byli účastníci podrobeni stresové a fyzické zátěži. Studie ukázala, že perorální podání 200 mg L-theaninu významně snížilo zvýšení systolického i diastolického krevního tlaku způsobené psychickým stresem u osob s vysokou stresovou reaktivitou. Tento účinek nebyl pozorován u fyzického stresu (např. bolest), kde L-theanin ani kofein nezabránilo zvýšení krevního tlaku. Kombinace L-theaninu a kofeinu nevykazovala opačné účinky, spíše naznačovala potenciální synergii při zvládání psychického stresu. (Yoto et al., 2012)

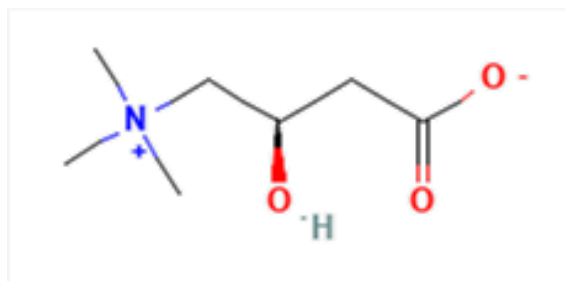


Obrázek 7 L-theanin

(zdroj: *National Library of Medicine, 2025*)

2.10.4 Kofein a L-karnitin

V energetických nápojích je kofein obsažen i v kombinaci s L-karnitinem. L-karnitin, jehož chemický vzorec je na Obrázku 8, je syntetizován v mozku, játrech a ledvinách z aminokyselin lysinu a methioninu, kdy jeho hlavním rezervoárem jsou svaly. Z této endogenní syntézy však pochází pouhých 25 % celkového karnitinu, zbylých 75 % je přijímáno ze stravy, a to především z potravin živočišného původu, jako je červené maso, ryby a mléčné výrobky nebo doplňky stravy. Jeho hlavní funkcí je působit jako nosič pro transport aktivovaných mastných kyselin z cytosolu do mitochondriální matrice, kde probíhá β -oxidace. (Cabllero-García et al., 2023) L-karnitin je potenciálním kandidátem, který by mohl zlepšit schopnost mitochondrií efektivně využívat mastné kyseliny během intenzivního cvičení, kdy se dominantním zdrojem energie stávají sacharidy namísto tuků.



Obrázek 8 Chemická struktura L-karnitinu

(zdroj: *National Library of Medicine, 2025*)

Synergický efekt kofeinu a L-karnitinu na sportovní výkon byl zkoumán ve studii Adeliho, Nikooieho a Aminaieho. Bylo vybráno 15 vysoce trénovaných karatistů, kterým

byly podávány 60 minut před zátěžovým testem doplňky v různých kombinacích – kofein (5 mg/kg), L-karnitin (3 g), kombinace kofeinu a L-karnitinu (5 mg/kg a 3 g) anebo placebo (250 mg glukózy). Bylo potvrzeno, že kombinace L-karnitinu a kofeinu významně zvyšuje hladinu volných mastných kyselin a jejich dostupnost, což zvýšilo spotřebu tuků během zátěže. Konečným výsledkem bylo zlepšení vytrvalostního výkonu. Tento synergický efekt kofeinu a L-karnitinu je vhodný hlavně pro sportovce cvičící pod anaerobním prahem a je nutné provést další výzkumy. (Adeli et al., 2020) Autory Cha, Choi et al. byla v roce 2001 publikována studie zkoumající účinky kofeinu a karnitinu na metabolismus karnitinu a vytrvalostní kapacitu u hráčů ragby. Bylo vybráno 5 zdravých sportovců, kterým bylo 120 minut před cvičením podáno jídlo obsahující 640 kcal a jednu hodinu po jídle jim bylo podáno 250 ml nápoje s obsahem 5 mg/kg kofeinu nebo 15 g karnitinu nebo 5 mg/kg kofeinu spolu s 15 g karnitinu anebo vodu. K fyzické zátěži byl použit cyklistický ergometr pro dosažení zátěže na 60 % a 80 % VO_2max . Bylo zjištěno, že účastníci, kteří zkonzumovali nápoj obsahující karnitin, měli delší čas vytrvalostního cvičení ve srovnání s účastníky po konzumaci vody nebo jen kofeinu. Kombinací kofeinu a karnitinu bylo u účastníků dosaženo ještě vyšší vytrvalostní kapacity než u účastníku s karnitinem. (Cha et al., 2001)

2.11 Zdroje kofeinu

Jak již bylo uvedeno výše, kofein je považován za nejznámější a nejčastěji užívaný stimulant, který je obsažen v běžně konzumovaných potravinách a nápojích, jako jsou káva, čaj, Coca Cola, energetické nápoje a rovněž i doplňky stravy. Kávou je dle vyhlášky 187/2023 Sb. označována „*bud' to káva zelená nebo pražená. Zelená káva je označení pro sušená semena kávovníku rodu *Coffea* zbavená pergamenové slupky. Praženou kávou je poté označen výrobek získaný pražením zelené kávy.*“ (Česko, 2023) Vyhláškou 248/2018 Sb. je pojem „nealkoholický nápoj“ vymezen jako „*nápoj obsahující nejvýše 0,5 % objemových etanolu měřených při teplotě 20 °C.*“ Nápoje colového typu splňují definici limonády s příchutí. „*Limonádou se rozumí ochucený nealkoholický nápoj vyrobený z pitné vody, nápojových koncentrátů nebo surovin k jejich přípravě.*“ (Česko, 2018) Pojem „energetický nápoj“ není legislativou zatím nijak vymezen. Definice napříč nadnárodními organizacemi jsou odlišné. Energetický nápoj lze definovat jako nealkoholický nápoj slazený cukrem, cukernými náhradami nebo sladidly bez energetické hodnoty s vysokým obsahem kofeinu a dalších stimulačních látek nebo rostlinných extraktů. V některých státech byl zaveden alternativní název – stimulační nebo energizující nápoj. (Společnost pro výživu, 2025) V Tabulce 1 je uveden obsah kofeinu v různých druzích nápojů.

Tabulka 1 Obsah kofeinu v různých druzích nápojů

Druh nápoje [150 ml]	Obsah kofeinu [mg]
Káva z mleté zrnkové kávy	85
Instantní káva	60
Káva bez kofeinu	cca 3
Černý čaj	25–110
Zelený čaj	6–16
Oolong čaj	12
Instantní čaj	20
Yerba maté	78
Kakao nebo horká čokoláda	4
Nealkoholický energetický nápoj	15–45
Nealkoholický kolový nápoj	7,5–37,5

(zdroje: KM EFSA, 2015; Heck and Mejia, 2007)

Níže jsou uvedeny rostliny, v jejichž složení se kofein vyskytuje ve významném množství.

2.11.1 Kávovník arabský (*Coffea arabica*) a kávovník statný (*Coffea canephora*)

Mezi nejnamáhlejší zdroje kofeinu patří rostliny kávovníku (viz Obrázek 9), jichž je známo několik desítek druhů. Pro pěstování jsou však nejčastěji používány druhy *Coffea arabica* a *Coffea canephora*, označované také jako arabica a robusta. (Pössl, 2010) Ty představují 70 a 30 % světové produkce kávy. Arabica je oceňována pro lepší chuť a větší kyselost. Oproti tomu robusta je vyzdvihována pro svou hořkost a intenzivní plnou chuť.

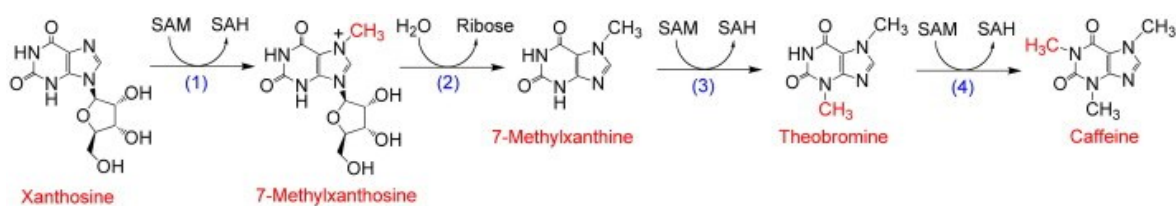
(Charlene et al., 2015) Robusta obsahuje také více kofeinu než arabica. (Pössl, 2010) Zrna většiny kultivarů kávy arabica obsahují 1 % kofeinu, zatímco robusta 1,7 %. (Ashihara and Crozier, 2001)



Obrázek 9 Plody kávovníku

(zdroj: Pössl, 2010)

Kofein je v rostlinách syntetizován jako sekundární metabolit, takže není esenciální pro růst a přežití rostliny. Plní však funkci ochrany proti škůdcům. Ze semen, která dopadnou na zem, může dojít k uvolnění kofeinu do půdy a inhibici růstu jiných rostlin. (Ashihara and Crozier, 2001) Schéma biosyntézy kofeinu v rostlině kávovníku je znázorněno na Obrázku 10. Jedním z nejvíce prostudovaných druhů kávovníků je *Coffea arabica*. (Spiller, 1998) Proces biosyntézy zahrnuje spoustu složitých pochodů. Hlavní biosyntetická dráha je čtyřstupňová – zahrnuje tři metylační reakce a jednu nukleosidázovou reakci. Prvním krokem je metylace xanthosinu pomocí SAM-dependentní (S-adenosyl methionin-dependentní) N-methyltransferázy. SAM je donorem metylu pro všechny tři metylační kroky při biosyntéze kofeinu. Během tohoto procesu je přeměněn na SAH (S-adenosyl-L-homocystein), který je zase hydrolyzován na homocystein a adenosin. Ve druhém kroku je katalyzována hydrolýza 7-methylxanthosinu. Poslední dva kroky syntézy kofeinu jsou také katalyzovány N-methyltransferázou závislou na SAM, avšak tento enzym se od enzymu, který katalyzuje první krok, liší. Je nazýván kofeinsyntáza a katalyzuje konverzi 7-methylxanthinu na kofein přes theobromin. Zjednodušeně lze však hlavní cestu tvorby kofeinu v rostlině popsat takto: xanthosin → 7-methylxanthosin → 7-methylxanthin → theobromin → kofein. (Ashihara et al., 2007)



Obrázek 10 Biosyntéza kofeinu

(zdroj: Ashihara et al 2007)

2.11.2 Čajovník čínský (*Camellia sinensis*)

Čaj je řazen mezi nejčastěji konzumované nápoje na světě. (Velayutham et al., 2008). Pro výrobu všech druhů čajů jsou zpracovávány lístky rostliny *Camellia sinensis* (Obrázek 11). Druhy čajů se odlišují technologickými postupy zpracování čajových lístků. (Pössl, 2010) V zásadě je lze rozdělit do tří skupin podle úrovně oxidace čajových lístků: zelený čaj – neoxidovaný, oolong – částečně oxidovaný a černý čaj – oxidovaný (Velayutham et al., 2008) Chemické složení listu je ovlivněno klimatickými podmínkami, ročním obdobím, polohou lístků na nových výhoncích, odrůdě a dalších faktorech. Nicméně, hlavními složkami jsou metylxanthiny a polyfenoly, které jsou odpovědné za typické vlastnosti čaje. (Spiller, 1998)

Kofein je v čajových lístcích navázán na třísloviny. Je dobře rozpustný v horké vodě. Pro dosažení největšího účinku kofeinu je proto lepší nechat čaj louhovat déle. (Oppliger, 2000) Pro povzbuzující účinky je užíván hlavně zelený čaj, který může obsahovat cca 6–16 mg kofeinu na šálek čaje (150 ml). (KM EFSA, 2015)



Obrázek 11 Čajovník čínský

(zdroj: Dr. Kresánek, © 2025)

2.11.3 Cesmína paraguajská (*Ilex paraquariensis*)

Z listů tohoto stromu (Obrázek 12) je vyráběn nápoj známý pod jménem „yerba“ či „yerba maté“. V posledních letech byl tento nápoj velmi propagován, a to hlavně pro své zdravotní přínosy. Bylo v něm identifikováno spoustu aktivních fytochemikálií (kyselina chlorogenová, kofein, kyselina kávová a další), flavonoidy, aminokyseliny, minerální látky a vitamíny (C, B₁ a B₂). Spousta studií vyzdvihuje nejen schopnost biologicky aktivních látek tohoto nápoje stimulovat CNS a příznivě působit na kardiovaskulární systém, ale také schopnost působit cytotoxicky na nádorové buňky. (Heck and Mejia, 2007) V odborné studii Andersena a Fogha byla dokonce diskutována možnost využití tohoto nápoje při léčbě obezity. (Andersen and Fogh, 2002)

Koncentrace kofeinu v jedné dávce nápoje yerba maté je podobná jako u kávy, přibližně 78 mg na cca 150 ml (viz také Tabulka 1). Ovšem obvyklé množství vypitého nápoje činí až půl litru, což je přibližně 260 mg kofeinu. Obsah kofeinu může být také ovlivněn způsobem sušení a dobou sklizně lístků cesmíny. (Heck and Mejia, 2007)



Obrázek 12 Cesmína paraguajská

(zdroj: *Medicine Man Crafts*, 2025)

2.11.4 Kola pravá (*Cola vera*)

Kola pravá je strom pocházející z Afriky a je pěstován pro své ovoce obsahující semena (ořechy), které jsou zobrazeny na Obrázku 13. Kolové ořechy jsou hnědé, velké přibližně jako kaštiny a mají hořkou a svíravou chuť. (Burdock et al., 2009) Afričané tento ořech často žvýkají, aby potlačili hlad, žízeň, zvýšili pracovní výkonnost nebo povzbudili své libido. V dávce ořechů kola 5–8 g je obsaženo mezi 50 a 170 mg kofeinu. Dále se z ořechů vyrábí také extrakty, které jsou používány především v nápojovém průmyslu. (Ghedira et al., 2009) Extrakt může být vodný nebo ethanolový získaný ze sušených zárodečných lístků

obsažených v semenném nebo ořehovém lusku rostliny kola. Prodávají se v tekuté, měkké nebo sušené formě. (Burdock et al., 2009) Mimo kofeinu obsahuje ořech koly také mikronutrienty jako je draslík, hořčík nebo vápník. (De Pietro, 2023)



Obrázek 13 Sušený kola ořech

(zdroj: HandmadePicture, 2015)

2.11.5 Guarana (*Paullinia cupana*)

Paullinia cupana je rostlinou pocházející z oblasti Amazonie. Hojně byla využívána domorodými kmeny, avšak první zprávy týkající se přínosů konzumace semen guarany, jsou datovány až od 19. století. Domorodými kmeny byla konzumována pro dodání energie a léčebné účely, například při bolestech hlavy, průjmů, horečce a křečích. Od dob kolonizace byla propagována jako tonikum, stimulant a afrodiziakum. Na počátku 20. století byla guarana dokonce představena jako příchut' sycených nápojů v Brazílii. (Torres et al., 2021) Semena guarany, která lze vidět na Obrázku 14, jsou ceněna pro vysoký obsah kofeinu a přítomnosti taninů a jiných sloučenin, jako jsou saponiny, polysacharidy, proteiny a mastné kyseliny. (Oliveira et al., 2024) Je považována za rostlinu s vyšším obsahem kofeinu než například káva. Bylo zjištěno, že obsahuje 3,6–5,8 % kofeinu ve srovnání s 1–2 % v kávě. (Sellami et al., 2018) Na 100 g guaranových semen připadá 2 797 mg kofeinu. Dále obsahuje také vysoké množství katechinů a epikatechinu. Obsah bioaktivních látek v semenech je ovlivněn procesem zpracování guarany. Bylo zjištěno, že semena sušená na slunci, ztrácí významné množství polyfenolů a methylxantinů, zatímco semena pražená v kovové nádobě si tyto látky lépe uchovávají. (Torres et al., 2021)

Obrázek 14 Guarana (*Paullinia cupana*)*(zdroj: vitar, 2022)*

2.11.6 Doplnky stravy s obsahem kofeinu

Primárním motivem pro konzumaci kofeinu je jeho schopnost snižovat únavu a zvyšovat bdělost. Navzdory tomu je nejčastěji suplementován lidmi, kteří chtějí zlepšit svůj výkon ve sportu nebo tréninku, anebo se snaží redukovat hmotnost. (Kalisz et al., 2023) Tradiční formou podávání kofeinu je požití tablet nebo kapslí spolu s vodou, kdy se většina kofeinu vstřebává pomocí střešní stěny do krevního řečiště. Na trhu však lze nalézt spoustu dalších forem doplňků stravy obsahující kofein. Jedná se o gely, tyčinky, žvýkačky, pastilky nebo také ústní a nosní aerosolové spreje. Tyčinky a gely se 100 mg kofeinu jsou schopny, podle studií, zlepšit kognitivní funkce, prodloužit čas do vyčerpání a zvýšit výkonnost při různých sportovních aktivitách. Za účelem rychlejší vstřebatelnosti kofeinu jsou používány kofeinové žvýkačky. Bylo totiž prokázáno, že absorpce jiných léků je rychlejší přes bukalní dutinu, a to díky vaskularizaci této oblasti. Výplach úst kofeinem je považován za relativně novou formu suplementace kofeinu. Bylo zjištěno, že vyplachování úst kofeinem aktivuje receptory hořké chuti nacházející se v orofaryngeálním epitelu. Aktivací těchto receptorů jsou stimulovány nervové dráhy vedoucí k mozgovým oblastem spojeným se zpracováním informací a odměnou. Ergogenní účinek vyplachování úst kofeinem byl prokázán při krátkodobých, vysoce intenzivních a opakovaných fyzických aktivitách. Vyšší účinky byly rovněž zaznamenány při vyčerpání glykogenu a v ranních hodinách oproti odpoledni. (Wickham and Lawrence, 2018)

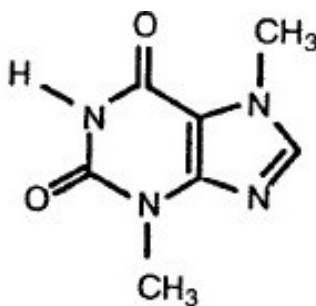
V posledních letech jsou hojně užívány také vícesložkové předtréninkové směsi, též „preworkouty“. Jedná se nejčastěji o směsi beta-alaninu, kofeinu, citrulinu, tyrosinu a taurinu. Předtréninkové směsi jsou využívány k podpoře fyzické výkonnosti díky synergickému účinku různých složek. Bylo prokázáno, že zlepšují objem rezistenčního

tréninku, výkon při dřepch a bench pressu i anaerobní kapacitu. Ve studii Lutsche, Camica a spol., bylo zjištěno, že požití vícesložkového předtréninkového doplňku, obsahujícího střední dávky kofeinu (< 260 mg), významně zvýšilo energetický výdej a výměnu plynů stejně, jako vyšší dávka samotného kofeinu (496 ± 52 mg). Na oxidaci tuků, sacharidů ani respirační výměnu nebyl zaznamenán žádný vliv. Předtréninkový doplněk však snížil únavu a zvýšil pocity bdělosti a soustředění, což u samotného kofeinu nebylo pozorováno. Synergický efekt doplňku tedy nebyl přičítán kofeinu, ale jiným složkám obsažených v testovaném doplňku – kofein, taurin, glukuronolakton, L-leucin, L-isoleucine, L-valine, L-arginin, L-glutamin, dikreatin-citrát a β -alanin. Výsledky ukázaly, že doplněk může být výhodnější než samostatný kofein pro zlepšení psychických faktorů během cvičení. (Lutsch et al., 2020)

3 THEOBROMIN

3.1 Chemicko-fyzikální vlastnosti theobrominu

Theobromin se stejně jako kofein řadí do skupiny purinových alkaloidů. Tento důležitý methylxantin, jehož chemický název je 3,7-dimethylxanthin, je inhibitorem *cAMP-fosfodiesterasy*. (Zhang, et al. 2024) Jeho strukturní vzorec lze vidět na Obrázku 15. Jedná se o bílý krystalický prášek s hořkou chutí. Je rozpustný ve vodě, ve vroucí vodě, ethanolu, mírně rozpustný v chloroformu a téměř nerozpustný v benzenu. Teplota tání je 357 °C. Dnes je vyráběn převážně syntetickou cestou. (Chemical Book, © 2023).



Obrázek 15 Struktura theobrominu

(zdroj: *International Agency for Research on cancer, 1991*)

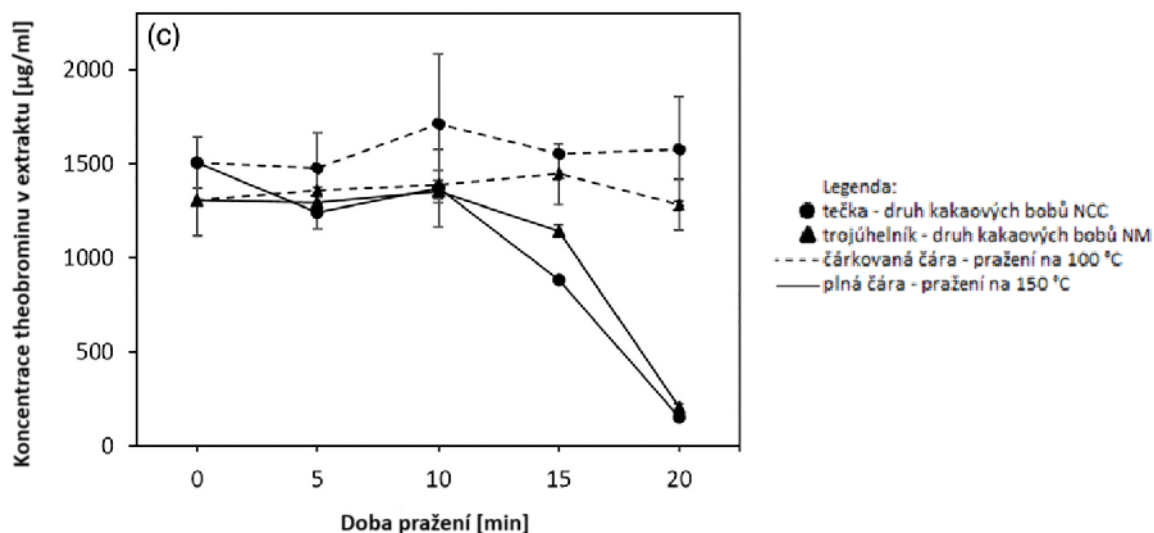
3.2 Metabolismus theobrominu

Absorpce theobrominu je závislá na médiu, v němž byl theobromin podán. Je vstřebáván pomaleji než kofein a maximální plazmatické koncentrace je dosaženo až po 2,5 hodinách. Bylo zjištěno, že podáním izolovaného theobrominu dochází k pomalejšímu dosažení maximální plazmatické koncentrace (3 hod.), než když je theobromin konzumován jako součást čokolády (2 hod.). Theobromin je jedním z metabolitů kofeinu, takže jeho rozpad v těle je podobný, avšak rychlost metabolismu oproti kofeinu je přibližně poloviční. Proces je započat v játrech za účasti enzymu CYP1A2. (Schuster and Mitchell, 2019) Theobromin je metabolizován demetylací a distribuován do všech tělních tekutin podobně jako kofein. Většina theobrominu je následně vylučována močí v nezměněné formě anebo ve formě svých metabolitů, kterými jsou 3-methylxantin, 7-methylxantin a 7-methylurea. (Veselý, 2001) Vylučování stolicí je minimální. Biologická dostupnost theobrominu po perorálním podání dosahuje 95–100 %. Při vyšších dávkách bylo pozorováno zpomalení absorpce a tendence k hromadění účinné látky v těle. Poločas eliminace se pohybuje mezi 6–12 hodinami v závislosti na dávce a individuálních faktorech. (Schuster and Mitchell, 2019) Bylo

dokázáno, že u koček a psů může dojít k otravě čokoládou, a to právě kvůli přítomnosti theobrominu. Theobromin je v čokoládě obsažen ve velkém množství. Dále je přítomen v malé míře také kofein. Tyto látky představují pro psy a kočky potencionální riziko. U psů a koček dochází k významně pomalejší biotransformaci a rozpadu theobrominu – u psů až 17,5 hodin. K rozvoji intoxikace může dojít do 6–12 hod. Příznaky otravy jsou zvracení, průjemy, tachykardie, hyperaktivita, hypertenze a další, které jsou stále stupňovány. Zvířata mohou uhynout v kómatu v důsledku srdečního a respiračního selhání. U psů byla stanovena hladina LD₅₀ na 100-300 mg/kg. (Veselý, 2001)

3.3 Vliv zpracování kakaových bobů a kakaa na obsah theobrominu

Hořkost a svíravost surových kakaových bobů, způsobená fenolickými látkami a methylxantiny, je ovlivněna jejich zpracováním. Během tohoto procesu probíhá řada chemických reakcí, jako je Maillardova reakce a Streckerova degradace, které zlepšují chuť, barvu a trvanlivost kakaových produktů. Bylo zjištěno, že během těchto reakcí theobromin spolu s kofeinem difunduje do slupek bobů, čímž je snížena výše zmíněná hořkost a svíravost bobů. Jedním z mnoha kroků během zpracování kakaových bobů je proces zvaný alkalizace, kdy je upravena barva, chuť a zlepšen stupeň disperze práškových látek ve vodě. Během alkalizace je kakaová drť zpracována alkalickým roztokem, jako je hydrogenuhličitan draselný nebo sodný, za účelem zvýšení pH na 7–8. Alkalizací je způsobena nejen oxidace polyfenolických látek, kdy dochází až k jejich 60 % ztrátě, ale také je snížen celkový obsah methylxanthinů. Největší pokles nastává právě u theobrominu – přes 20 %. (Goya et al., 2022) Autory Hermundem, Larsenem et al. byly v roce 2024 studovány změny obsahu flavonoidů a theobrominu v kakaových bobech při pražení. Theobromin byl nejdominantnějším methylxantinem v extraktu ze syrových bobů, kdy se jeho koncentrace pohybovala mezi 1184–1386 µg/ml. Bylo zjištěno, že koncentrace theobrominu klesá s rostoucí teplotou pražení. Mezi koncentrací theobrominu v syrových bobech a bobech podrobených světlemu pražení, nebyl zjištěn žádný významný rozdíl. Pražením při teplotě 150 °C po dobu 15–20 minut byl obsah theobrominu výrazně snížen, a to až na přibližně 1100–190 µg/ml (viz Obrázek 16). (Hermund et al., 2024)



Obrázek 16 Vliv doby pražení a teploty na obsah theobrominu

(zdroj: Hermund et al., 2024)

3.4 Vliv theobrominu na centrální nervovou soustavu

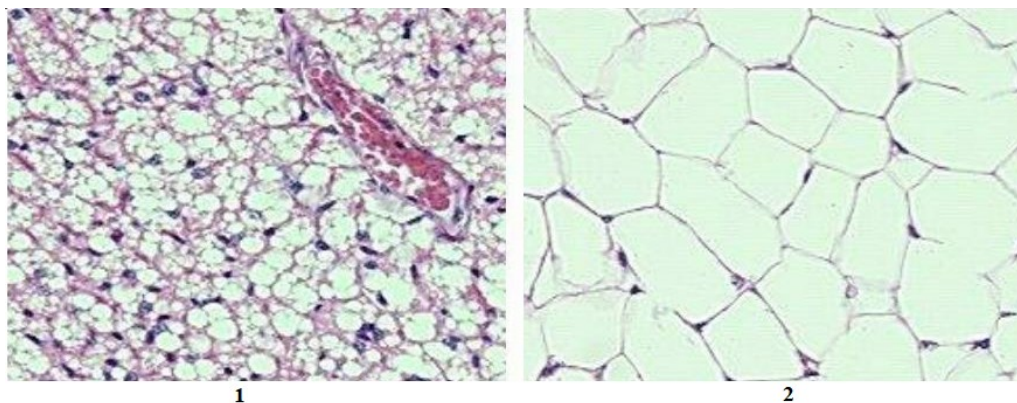
Podobně jako kofein, i theobromin je schopen projít přes hematoencefalickou bariéru, a tím ovlivnit CNS. (Longzhu et al., 2023) Jeho stimulační účinek odpovídá jedné pětině stimulačního účinku kofeinu, ale s delším poločasem rozpadu v těle. Na rozdíl od kofeinu, který vykazuje mírně nižší afinitu k receptorům A1 než k receptorům A2A, byla u theobrominu zjištěna stejná afinita jak k receptorům A1, tak k A2A. (Mitchell et al., 2011) Primárním mechanismem účinku theobrominu je blokáda adenosinových receptorů, inhibice fosfodiesteráz, zvýšení hladiny cAMP, obnovení exprese purinergního A1 receptoru atd. Theobromin je využíván jako stimulant činnosti srdce, mozku, vazodilatátor, protirakovinné činidlo a jiné. (Longzhu et al., 2023)

3.5 Vliv theobrominu na metabolismus tuků

U theobrominu bylo prokázáno, že zvyšuje odbourávání tuků a produkci tepla v hnědé tukové tkáni a podporuje hnědnutí bílé tukové tkáně. Rozdíly buněk hnědé a bílé tukové tkáně lze vidět na Obrázku 17. Mechanismus tohoto účinku spočívá v inhibici fosfodiesterázy 4, což vede k navýšení hladin cAMP v adipocytech. Výsledkem je zvýšená exprese markerů hnědých adipocytů, kterými je podpořena termogeneze a odbourávání tuků. Aktivací receptoru PPAR γ je pak usnadněna přeměna bílých adipocytů na béžové, čímž je dále posílněna metabolická aktivita tukové tkáně. (Zhang et al., 2024)

Bylo dokázáno, že v bílé tukové tkáni dochází zejména k ukládání energetických zásob a jejím nahromaděním se, je zvýšeno riziko zdravotních komplikací včetně diabetu mellitu 2. typu a kardiovaskulárních onemocnění. Jakmile dojde k přehlcení buněk tukem, adipocyty přestanou reagovat na hormonální signály a tím synchronizovat svou činnost s potřebami těla. Hypertrofie tukových buněk ovlivňuje vznik chronického zánětu, při kterém jsou adipocyty postupně ničeny makrofágy a do krve se uvolňuje zvýšené množství prozánětlivých molekul. Tento stav zvyšuje riziko metabolických poruch a může přispívat k obezitě a dalším závažným komplikacím. (Zouhar, 2020)

Hnědá tuková tkáň je od bílé odlišena nejen morfologií, ale i funkcí. Jejím úkolem je primárně produkce tepla a udržování stálé tělesné teploty. Hnědá tuková tkáň je charakterizována mitochondriemi, ve kterých je oxidace živin odpojena od produkce ATP (adenosintrifosfát) prostřednictvím proteinu UCP1 (uncoupling protein 1). Při stimulaci noradrenalinem dochází k uvolnění mastných kyselin z tukových kapének, které jsou následně spalovány v mitochondriích za současného otevření UCP1. Tento proces umožňuje neomezenou produkci tepla a zároveň zvyšuje příjem glukózy a mastných kyselin z krve. Aktivita hnědé tukové tkáně může významně ovlivňovat celkový energetický výdej, glykémii a hladinu lipidů v krvi. V průběhu posledních let je pozornost zaměřována na výzkum látek schopných zvyšovat množství UCP1 v hnědém tuku a způsobovat hnědnutí bílé tukové tkáně. Řadě molekul byly tyto vlastnosti v poslední dekádě připsány, ale jejich využití jako léku proti obezitě zůstává nejisté. I kdyby bylo farmakologicky zvýšeno spalování energie otevřením UCP1, může být doprovázeno zvýšeným pocitem hladu. Pokud by byl hlad uspokojen, mohl by částečně neutralizovat pozitivní účinky na tělesnou hmotnost. (Zouhar, 2020)



Obrázek 17 Hnědá tuková tkáň (1), bílá tuková tkáň (2)

(zdroj: Trefíliková, 2008)

Ve studii autroů Jang, Mukherjee et al. z roku 2020 byla ověřován právě tento vliv theobrominu na myších krmených vysokotučnou dietou. Obě skupiny myši byly krmeny vysokotučnou dietou (60 % tuku), ale jedné skupině myši byl každý den sondou podáván theobromin v dávce 100 mg/kg tělesné hmotnosti po dobu 8 týdnů, zatímco druhé ne. Histologickou analýzou byl zjištěn výrazný pokles obsahu a velikosti lipidů v bílé i hnědé tukové tkáni, doprovázený zvýšenou adipogenezí v hnědé tukové tkáni. Podávání theobrominu vedlo k výrazně zvýšené expresi klíčových markerů termogeneze. Rovněž byla potvrzena up regulace genů specifických pro hnědé adipocyty, jako jsou Pparg1 a UCP1, v hnědé tukové tkáni. Účinek theobrominu na tukovou tkáň byl prokázán snížením relativní tělesné hmotnosti myši krmených vysokotučnou dietou o 12,6 % a redukcí hmotnosti bílé tukové tkáně o 41,9 % a hnědé tukové tkáně o 21,9 %. Těmito změnami bylo naznačeno, že theobromin podpořil energetický výdej prostřednictvím speciálního proteinu hnědé tukové tkáně UCP1 a aktivace hnědé tukové tkáně, což přispělo ke zmírnění obezity u myši. (Jang et al., 2020)

3.6 Zdroje theobrominu

Nejvýznamnějším zdrojem theobrominu je kakao a výrobky z něj. Základní kakao je získáváno z kakaových bobů, plodů kakaovníku *Theobroma cacao*. Kakaové boby lze rozdělit na tři hlavní odrůdy. První odrůdou je Criollo, což je přirozeně se vyskytující odrůda produkující kakao nejlepší kvality. Z bobů Criollo jsou vyráběny čokolády nejjemnější chuti, které představují 5–10 % světové produkce čokolády. Druhou skupinou je odrůda Forastero, která svou odolností proti chorobám a vysokou výnosností pomalu nahrazuje Criollo. Její boby se vyznačují trpkou a nakyslou chutí. Třetí odrůdou je Trinitario, hybrid vyrobený z předešlých dvou druhů, Criollo a Forastero. Je populární hlavně pro své aroma, výnosnost a odolnost vůči chorobám. (Shavez Beg et al., 2017; Wickramasuriya and Dunwell, 2017)

3.6.1 Kakaový prášek

„Vyhláška 76/2003 Sb. označuje „kakaový prášek (kakao) za potravinu získanou pražením kakaových bobů zbavených slupek, upravených do formy prášku, obsahující nejméně 20 % kakaového másla v sušině a nejvýše 9 % vody. Čokoládou se rozumí hořká čokoláda. Je potravinou vyrobenou z kakaových součástí, přírodních sladidel, sladidel nebo jejich kombinací, přídatných látek nebo látek určených k aromatizaci, popřípadě z dalších složek, a které vyhovuje požadavkům uvedených v příloze vyhlášky č. 9.“ (Česko, 2003) Na trhu lze

nalézt tři typy kakaa – holandské, přírodní a raw kakao. Holandské kakao je nejrozšířenějším na trhu. Je pro něj typická jemnější chuť a vyšší pH. Toto kakao prochází tzv. alkalizací, což je úprava, při níž ubývá hořkosti a kyselosti. Oproti tomu přírodní kakao alkalizací ošetřeno není. Jeho chuť je tedy trpčí, více nahořklá, kyselejší a barva světlejší a ostřejší. Raw kakao je vyrobeno namletím kakaových bobů při nízké teplotě a nepraží se. Chuť je tedy ještě kyselejší než u kakaa přírodního. (Fourová, 2022) Obsah theobrominu v kakaových bobech a kakaových součástech je odlišný v závislosti na původu kakaa způsobu zpracování. V Tabulce 2 je uveden přibližný obsah theobrominu v kakaových surovinách získaný studií autorů Alifiya a Guntarti. (Alifiya and Guntarti, 2021)

Tabulka 2 Obsah theobrominu v kakaových součástech

Surovina/pochutina	Obsah theobrominu [ng/g]
Surové kakao	420,74±22,15
Sušené kakao	401,96±27,46
Pražené kakao	371,37±25,66
100 % čokoláda	739,93±12,80

(zdroj: Alifiya and Guntarti, 2021)

3.6.2 Čokoláda

Na trhu se lze setkat s různými druhy čokolád – hořkou mléčnou, bílou, ruby, plněnou, karamelovou apod. Jak již bylo uvedeno v úvodu, označením „čokoláda“ se rozumí hořká čokoláda. Ta může být vyrobena dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. výhradně z kakaových součástí, přírodních nebo umělých sladidel či jejich kombinací, přídatných látek, aromat nebo jiných složek. Mléčná čokoláda je poté vyráběna za pomoci přídavku mléka či mléčných výrobků a u bílé čokolády je použito pouze kakaové máslo, mléko nebo mléčné výrobky, sladidla a další složky. (Česko, 2003) Ruby čokoláda je novým typem čokolády, který byl představen v roce 2017 firmou Callebaut. Výrobní tajemství zatím není známo, avšak hlavní surovinou pro její výrobu jsou, stejně jako u předešlých druhů čokolád, kakaové boby. Boby však nejsou fermentované déle než tři dny, anebo nejsou fermentovány vůbec.

Díky tomu je v nich zachován vyšší obsah polyfenolů. Původem kakaových bobů používaných k výrobě Ruby čokolády je Brazílie, Ekvádor nebo Pobřeží slonoviny. (Tuentner et al., 2021) Obsah theobrominu v čokoládových pochutinách lze vidět v Tabulce 3. Obsah je, podobně jako u kakaa, různorodý a ovlivněný procentem kakaových látek v kompozici a výrobním procesem. Dosud nebyly stanoveny žádné limity pro obsah theobrominu ani v kakau, a ani v čokoládových produktech. Aby bylo dosaženo stálé jednotnosti produktů, výrobci obvykle míchají různé druhy kakaových bobů. (Alifiya and Guntarti, 2021)

Tabulka 3 Obsah theobrominu v čokoládách

Druh čokolády	Obsah theobrominu [%/100 g]
Hořká čokoláda	1,01±0,03
Mléčná čokoláda	0,15±0,02
Bílá čokoláda	0,00±0,00

(zdroj: Langer et al., 2011)

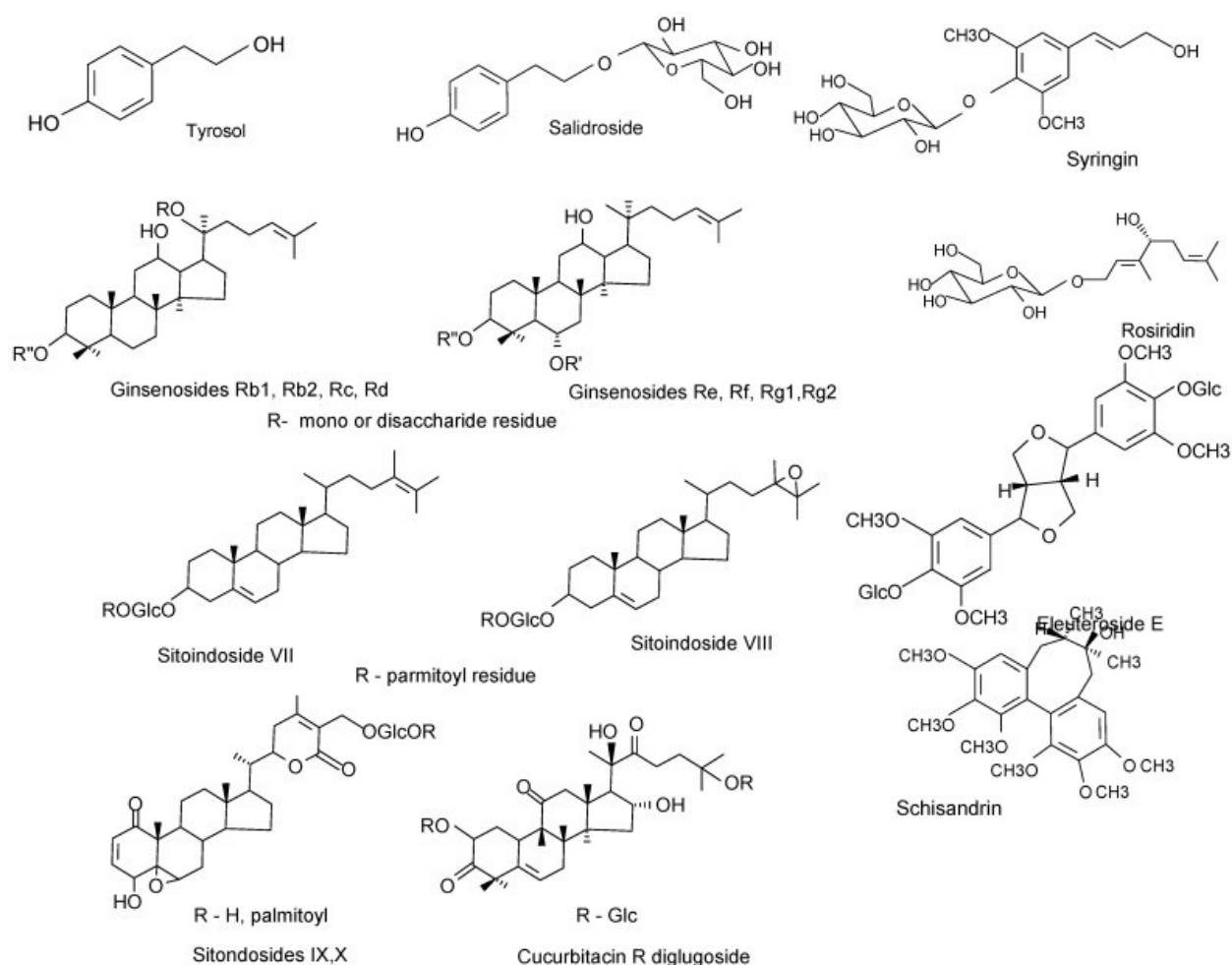
4 DALŠÍ LÁTKY SE STIMULAČNÍM ÚČINKEM

Adaptogenní rostliny byly používány od nepaměti při léčbě nemoci, fyzické slabosti, zhoršení paměti a dalších stavů. Asi před 50 lety byly poprvé použity v profesionálním sportu z důvodu zvýšení odolnosti organismu vůči stresu a zlepšení fyzické odolnosti. (Todorova et al., 2021) Vzhledem k narůstajícímu výskytu civilizačních chorob je užívání doplňků stravy s adaptogeny považováno za stále významnější. Mohou být využity k prevenci chronických nemocí, podpoře celkové vitality a zmírnění oslabující schopnosti těla reagovat na stres. Dnes je možné je zakoupit ve formě tobolek, prášků, kapek, extraktů, sušených plodů (kalanchoe) anebo gumových bonbonů. Podávání adaptogenů ve formě želatinových bonbonů je spojováno s několika výhodami, jako je komfort, snadnější dodržování pravidelného užívání a lepší vstřebatelnost. Při jejich konzumaci dochází k obejití jaterního metabolismu, což umožňuje efektivnější absorpci účinných látek. Vzhledem k častému dlouhodobému užívání adaptogenů jsou bonbony považovány za praktickou a chutnou alternativu, která usnadňuje jejich zařazení do běžného režimu. (Agrawal, 2023) Ačkoli je mechanismus účinku rostlinných adaptogenů složitý a není plně objasněn, jsou možnými kandidáty pro registraci jako léčivé přípravky určené pro terapeutické účely. Bude však muset být provedeno spousta dalších studií, které objasní mechanismy účinku a zhodnotí veškerá rizika. (Todorova et al., 2021)

4.1 Saponinové ginsenosidy

Ginsenosidy jsou přítomny v rostlinách různých čeledí. Tyto sloučeniny jsou také nazývány „adaptogeny“, neboť zvyšují schopnost organismu adaptovat se environmentálním faktorům a zabránit jejich škodlivým účinkům. (Panossian and Wagner, 2005) Chemicky jsou to buď komplexní fenolické látky nebo tetracyklické triterpenoidy/steroidy. Mezi fenolové sloučeniny jsou zařazeny fenylypropanoidy a deriváty fenylethanu, kam spadá rhodiolosid, rosaviny, syringin, triandrin, tyrosol nebo schisandrin B. Strukturně jsou podobné katecholaminům, což jsou neurotransmitery nervového systému, které jsou zapojovány do aktivace stresového systému v raných fázích stresové reakce. Za tetracyklické triterpenoidy jsou považovány ginsenosidy a fytosterol-ginsenosidy nebo cucurbitacin R diglukosid, které jsou strukturně připodobňovány ke kortikosteroidům. Ty jsou účastníky ochranné inaktivace stresového systému. (Panossian and Wikman, 2010) Některé z těchto látek jsou uvedeny na Obrázku 18. Výtažky tzv. adaptogenních rostlin jsou typické širokou škálou působnosti, kdy obecně zvyšují odolnost organismu nespécifickými účinky. Nervový systém je rostlinnými

adaptogeny stimulován zcela odlišnými mechanismy od tradičních stimulantů. Mechanismy jejich účinku jsou spíše spojovány s metabolickou regulací různých prvků stresu a modulací vazby podnět-odpověď. Podle mediátorů stresového systému zapojených do reakce vyvolané adaptogenem může být zaznamenán buď bezprostřední účinek (po jednorázovém podání), nebo trvalejší stimulační efekt (při opakovaném užívání). (Panossian and Wagner, 2005) Tyto látky jsou nejčastěji konzumovány ve formě výtažků z rostlin a mezi nejznámější patří Rozchodnice růžová, Vitanie snodárná, Klanopraška čínská a Ženšen pravý.



Obrázek 18 Chemické struktury adaptogenů

(zdroj: Panossian and Wikman, 2010)

4.1.1 Rozchodnice růžová (*Rhodiola rosea*)

Rozchodnice růžová (Obrázek 19) je sukulentní rostlinou patřící k vytrvalým bylinám. Je rozšířena hlavně ve vyšších polohách na severní polokouli. Část jejího názvu „růžová“ byla odvozena od intenzivní vůně oddenku, který se po rozříznutí rozvoní po růžích. Tradičně jsou přípravky z rozchodnice používány v Rakousku, Itálii, Nizozemí, Švédsku, ve Velké

Británii i v Rusku a dalších severských státech. V našich končinách však tato rostlina roste jen vzácně, a to na skalách či sutích v Jeseníkách nebo v Krkonoších. Proto je v České republice řazena mezi kriticky ohrožené druhy a je chráněná. (Juřica a Koupá, 2016) Oddenky rozchodnice byly tradičně využívány jako zdravotní doplněk pro stimulaci nervového systému, zvýšení fyzické a duševní výkonnosti, k léčbě astenie, zmírnění únavy anebo k podpoře adaptace na vyšší nadmořskou výšku (při léčbě výškové nemoci). Dnes jsou extrakty z této rostliny používány jako součást některých doplňků stravy, farmaceutických prostředků a nápojů, jenž mají za účel zlepšit kognitivní funkce a zmírnit fyzický či psychický stres. Analýzou chemického složení bylo v rostlině identifikováno přes 150 bioaktivních sloučenin, jako rosaviny, sloučenina salidroside, glukosid tyrosolu, flavonoidy, glykosylované deriváty monoterpenů a další, které jsou odpovědné za zmíněné léčivé účinky. (Masi et al., 2023)



Obrázek 19 Rozchodnice růžová

(zdroj: Byliny. cz)

U výtažků z rostliny *Rhodiola rosea* byly nesčetnými výzkumy prokázány pozitivní účinky na zlepšení mentálního výkonu. Po podání jednorázové dávky extraktu došlo k výraznému zlepšení kvality výkonu při úkolech, jako je oprava textu, přičemž se snížil počet chyb účastníků studie až o 46 %. Tento extrakt vykázal stimulační účinky trvající 4–6 hodin, přičemž neovlivnil množství správně opravených znaků, ale výrazně snížil počet chyb. Bylo také zjištěno, že účinky výtažku byly podobné těm, které vykazuje samotný salidroside, hlavní účinná složka *R. rosea*. (Panossian and Wagner, 2005) Bylo prokázáno, že *Rhodiola rosea* má stimulační účinky na fyzickou výkonnost a svalovou obnovu. Suplementace extraktu Rhodioly zvyšuje vytrvalost, stimuluje anabolické procesy v kosterním svalstvu a zvyšuje produkci energie. Studie ukázaly, že po cvičení dochází

k poklesu hladin kreatinkinázy v krvi, což naznačuje snížené poškození svalů. Dlouhodobá suplementace *R. rosea* také vedla k výraznému snížení poškození svalů po vyčerpávajícím cvičení a ochraně kosterního svalstva před zánětlivými procesy. Bylo rovněž zjištěno, že *R. rosea* zlepšuje hodnocení vnímané námahy během cvičení, což naznačuje lepší toleranci zátěže a nižší únavu. (Lu et al., 2022) U hydroalkoholového extraktu z rhodioly byl zjištěn imunostimulační efekt. Byla stimulována tvorba zánětlivých cytokinů a zvýšena migrace granulocytů do tkání. Vodným extraktem bohatým na kyselinu galovou byla inhibována adheze krevních destiček a granulocytů a blokována jejich migrace do tkání. (Esmaealzadeh et al., 2022)

4.1.2 Klanopraška čínská (*Schisandra chinensis*)

Schisandra čínská je rostlinou po staletí využívanou v tradiční čínské medicíně. Jedná se o opadavou dřevitou liánu s červeno-purpurovými plody (Obrázek 20), které jsou charakteristické svými pěti chutěmi – sladkou, hořkou, kořeněnou, slanou a kyselou. Z hlediska využití jsou za nejdůležitější považovány právě tyto plody, ve kterých je obsaženo široké spektrum organických kyselin, antokyany, glykosidické látky flavonoidního typu, vitamín C a E, minerální látky a stopové prvky, triterpeny a další. *S. chinensis* je používána v různých formách lihových extraktů, v čajovinách nebo jako samostatně sušené plody. Bobule mohou být konzumovány také v čerstvém stavu. (Rybníkář et al., 2019)



Obrázek 20 Klanopraška čínská

(zdroj: Zahradnictví Spomyšl)

V textu autorů Rybníkář, Šmejkal a Žemlička bylo odkazováno na odbornou studii autora Lebedev, A. A. kde byl popsán příznivý vliv schisandrinu z rostliny *Schisandra chinensis* na zvýšení fyzických výkonů a kognitivních funkcí. Studie ukázala, že užívání schisandrinu vedlo k tomu, že 74 % atletů překonalo své osobní rekordy. Dále bylo zaznamenáno zlepšení kognitivní aktivity, snížení chybovosti a zvýšení rychlosti plnění

úkolů. Tento efekt byl pozorován u dobrovolníků vystavených stresovým podmínkám, kde došlo k výraznému zlepšení v porovnání s placebem. Výsledky naznačují, že *Schisandra chinensis* může účinně podporovat fyzickou výkonnost i mentální schopnosti. (Rybníkář et al., 2019)

4.1.3 Vitání snodárná (*Withania somnifera*, Ashwagandha)

Ashwagandha, neboli indický ženšen (Obrázek 21), je v Ájurvédské medicíně jednou z nejpopulárnějších bylin. (Xiang Ng et al., 2019) Nejdůležitějšími účinnými látkami jsou steroidní laktony (witanolidy) a alkaloidy. Witanolidy jsou sloučeniny, jejichž základní strukturou je ergostan. Patří zde witanoferin A, witanolidy AY, witanone, witadomniferin A a witasomniferoly AC. Z alkaloidů je přítomen witanin, somniferin, tropin, cholin, anaferin a spousta dalších. Mimo tyto hojně zastoupené látky obsahuje také flavonoidy, witanolidové glykosidy, steroidní saponiny, polysacharidy a další. (Mikulská et al., 2023)



Obrázek 21 Ashwagandha

(zdroj: Zahradnictví Spomyšl)

Z vědeckých studií byly vyvozeny závěry, popisující zlepšení kardiorespirační vytrvalosti a VO_2 max při suplementaci extraktu z rostliny *Withania somnifera*, (Guo and Rezaei, 2024) Suplementace výtažku z této rostliny, která je běžně označována jako Ashwagandha, přispívá ke zvýšení hemoglobinu a hematologických markerů při prevenci proti oxidačnímu stresu. Tyto účinky by mohly být rozhodujícími mechanismy při vysvětlení zvýšení VO_2 max. (Bonilla et al., 2021) VO_2 max je mírou aerobní schopnosti, která ukazuje maximální množství kyslíku, které tělo dokáže využít během intenzivní fyzické aktivity. Zlepšení VO_2 max přispívá ke zvýšení vytrvalosti a celkové kardiovaskulární zdatnosti. Ve studii bylo prokázáno, že po 8 týdnech suplementace extraktu z kořene Ashwagandhy, došlo ke statisticky významnému zvýšení hodnoty VO_2 max ve srovnání se skupinou užívající

placebo. U účastníků skupiny užívající Ashwagandhu byly rovněž zaznamenány lepší výsledky v oblasti zotavení po námaze a regenerace z únavy. (Guo and Rezaei, 2024) V jiné, 8týdenní studii, bylo 57 mužů s malými zkušenostmi s odporovým tréninkem rozděleno na dvě skupiny. Jedna konzumovala 300 mg extraktu kořene Ashwagandhy dvakrát denně, zatímco druhá konzumovala placebo. Na konci studie byl u jedinců s Ashwagandhou prokázán větší nárůst svalové hmoty, zvýšené hodnoty testosteronu a významně nižší poškození svalové tkáně v důsledku zvýšené fyzické zátěže. (Wankhede et al., 2015) Při suplementaci Ashwagandhy byl prokázán imunomodulační efekt, snížení hladiny kortizolu a adrenalinu, může přispívat ke stabilizaci počtu leukocytů při stresové zátěži. (Esmaealzadeh et al., 2022)

4.1.4 Ženšen pravý (*Panax ginseng*)

Kořen rostliny ženšenu, viz Obrázek 22, je nejvýznamnějším léčivem v zemích Asie. Zejména země Korea, Čína a Japonsko považují ženšen za nejdůležitější léčivou bylinu vůbec. V těchto zemích se extrakt z kořene užívá posledních 2000 let, a to především jako stimulant ke snížení stresu, únavy a zvýšení síly. Rod *Panax* se skládá hned ze 17 druhů, ale pouze tyto tři jsou nejčastěji používány – korejský ženšen (*P. ginseng*), americký ženšen (*P. quinquefolius*) a čínský ženšen (*P. notoginseng*). (Zhang et al., 2020)



Obrázek 22 Ženšen pravý

(zdroj: *Dary od přírody*)

Hlavní bioaktivní složkou jsou ginsenosidy. Hlavními jsou protopanaxadiol, protopanaxatriol a také skupina ginsenosidů, jejichž saponinová struktura je určena postranním řetězcem na 17. uhlíku. Obsah saponinových glykosidů hraje při hodnocení kvality ženšenu významnou roli, a to především kvůli prospěšnosti lidskému zdraví. V jedné

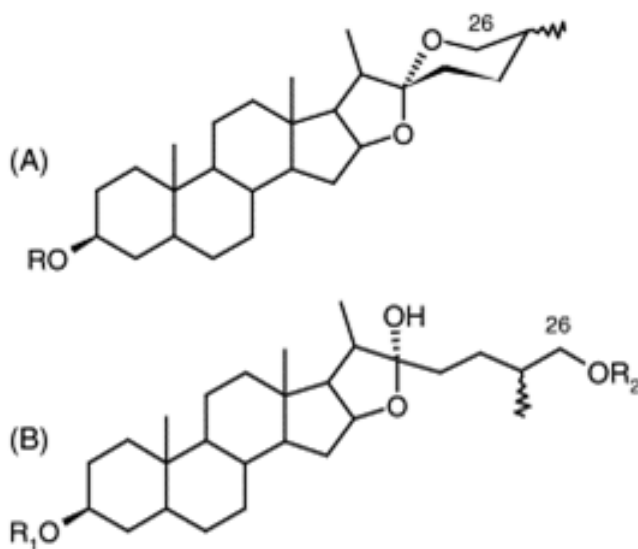
rostlině ženšenu může být až 170 druhů ginsenosidů, přičemž každá část ženšenu (kořen, listy, květy) má charakteristickou skladbu těchto látek. (Piao et al., 2020) Mezi další účinné látky patří také fenolické látky, u kterých je známo, že mají antioxidační a protirakovinné účinky (kyselina galová, kávová aj.), polysacharidy a peptidy. (Sathya et al., 2024)

Dvě hlavní skupiny ženšenových ginsenosidů jsou – skupina panaxadiolu (Rb1, Rb2, Rb3, Rc, Rh2 atd.) a skupina panaxatriolu (Re, Rf, Rg1, Rg2 a Rh1) uvedené na Obrázku 18. (Oliynyk and Oh, 2013) Studiemi zaměřenými na stimulační účinky ginsenosidu Rg1 byly prokázány kladné dopady na mozkové funkce. Bylo zjištěno, že Rg1 zvyšuje proliferaci neurálních buněk a uvolňování excitačního neurotransmiteru glutamátu v buňkách. Navíc bylo také dokázáno, že saponiny ženšenu zvyšují hladinu dopaminu i serotoninu v mozkové kůře potkanů, zvyšují úroveň biogenních aminů v mozku potkanů, interagují s podtypy nikotinových receptorů a regulují přenos kyseliny γ -aminomáselné (GABA). Těmito výzkumy bylo potvrzeno, že takovéto usnadnění uvolňování neurotransmiterů ginsenosidy, může přispět k posílení funkce mozku, zejména učení, kognice a paměti. (Rada et al., 2011) Byla také prokázána stimulace proliferace B-lymfocytů, zvýšení interleukinů 2, 10 a produkce interferonu γ , a to díky extraktům z kořene ženšenu *P. ginseng* a *P. quinquefolius*. (Mancuso and Santangelo, 2017) Kromě zvýšení fagocytární aktivity může být ženšenem stimulována také tvorba zánětlivých mediátorů jako je oxid dusnatý (NO), reaktivní dusíkový meziprodukt. Díky makrofágům, hlavních složek vrozené imunity, je zvýšena schopnost zneškodňovat mikroby, produkce mnoha cytokinů a také tvorba zánětlivých mediátorů, jako je NO. Bylo prokázáno, že vodný extrakt ženšenu prokázal zvýšenou produkci NO v aktivovaných buňkách a primárních makrofázích. (Kang and Min, 2012)

4.2 Furostanol, spirostanol a další steroidní saponiny *T. terrestris*

Steroidní saponiny jsou významnou skupinou rostlinných sekundárních metabolitů, rozšířenými napříč rostlinnou říší. Jsou přírodními povrchově aktivními glykosidy se specifickou schopností pěnit. (Desai et al., 2009) Molekula saponinu je složena z aglykonové (hydrofobní, sapogenin) a cukerné (hydrofilní, glykonové) jednotky. (Sidana et al., 2016) Na základě povahy jejich aglykonového skeletu mohou být rozděleny na dvě skupiny. První skupinou jsou steroidní saponiny a druhou triterpenoidní saponiny. Pro další účely bude text věnován výhradně steroidním saponinům.

Struktura steroidních saponinů, které lze vidět na Obrázku 23, je složena ze steroidního aglykonu a spirostanolového skeletu 27 uhlíků, který obecně obsahuje šest cyklických kruhů. V některých případech lze objevit také furostanovou kostru. Ta vzniká zapojením hydroxylové skupiny v poloze 26 do glykosidické vazby, čímž je způsobeno, že aglykonová struktura zůstává pentacyklická. (Sparg et al., 2004)



Obrázek 23 Aglykonové skelety (A) steroidního spirostanu a (B) steroidního furostanu

(zdroj: Sparg et al., 2004)

Z rostliny *T. terrestris* byly izolovány především spirostanolové saponiny nesoucí cukerný řetězec navázaný na C-3 a furostanoly nesoucí cukerný řetězec na C-3 a D-glukózový zbytek na C-26. V těchto spirostanolech byly detekovány aglykony jako diosgenin, tigogenin a gitogenin. (Combarieu et al., 2003) Dosud bylo z *T. terrestris* izolováno 108 druhů steroidních saponinů. Jeho jedinečné biologické vlastnosti jsou přisuzovány hlavně protodioscinu a protogracillinu. (Zhu et al., 2017)

4.2.1 Kotvičník zemní (*Tribulus terrestris*)

Tribulus terrestris je česky nazýván kotvičník zemní a jedná se o plazivou jednoletou bylinu, jenž je vyobrazená na Obrázku 24, které prospívají suché, písčité půdy, ale také vlhké půdy bohaté na živiny. Plody této rostliny jsou trojúhelníkové, dřevnaté, s ostrými ostny na všech čtyřech rozích, zatímco listy jsou malé, zpeřené a protilehlé. Kotvičník se vyznačuje hedvábnými chloupky a drobnými žlutými květy. Rostlina je tradičně využívána pro podporu sexuálního zdraví. Díky vysokému obsahu bílkovin (21,33 %) a bohaté zásobě minerálních látek, jako je draslík, vápník a měď, představuje zajímavý nutriční zdroj. (Saeed

et al., 2024) V kotvičnicku bylo, mimo steroidní saponiny, identifikováno také mnoho dalších biologicky aktivních sloučenin, jako jsou flavonoidy, glykosidy, fytosteroly, taniny, terpenoidy, amidové deriváty, aminokyseliny a proteiny. (Zhu et al., 2017)

Farmaceutické přípravky a bylinné doplňky obsahující extrakty standardizované na steroidní saponiny jsou používány po celém světě. Od 80. let 20. století je extrakt z kotvičnicku zemního považován za nekonvenční léčbu v západních zemích, kde je využíván k posílení tvorby testosteronu, zvýšení libida a jako adaptogen pro fyzicky aktivní muže. V současné době je inzerován především jako prostředek ke zlepšení androgenního stavu mužů s hypogonadismem a ke zvýšení sportovního výkonu. (Garcia et al., 2024)



Obrázek 24 Kotvičnick zemní (*T. terrestris*)

(zdroj: Semena online. cz)

4.2.2 Účinky na lidský organismus

Saponiny *T. terrestris* mají na lidský organismus řadu příznivých účinků. Mimo imunodulačních, protirakovinných, antidiabetických, protizánětlivých, hepatoprotektivních a jiných účinků jsou využívány i k stimulaci sexuální aktivity a k léčbě hormonální nerovnováhy, impotence a dalších problémů souvisejících se sexuálním životem. (Saeed et al., 2024) Předpokládá se, že protodioscin zvyšuje konverzi testosteronu na silný dihydrotestosteron, kterým je nejen stimulována sexuální touha, ale také podporována tvorba červených krvinek a růst svalové hmoty. (Kostova and Dinchev, 2005) Ve studii Yina, Wanga a Songa z roku 2016 byl potvrzen pozitivní účinek na výkon u přetřénovaných potkanů. Zvířatům byla 30 min před tréninkem podána dávka 120 mg/kg extraktu z *T.*

terrestris. U přetrénované skupiny byl po vykonání fyzické aktivity zjištěn nárůst hladiny testosteronu a prodloužení doby do vyčerpání. (Yin et al., 2016)

Bylo prokázáno, že *T. terrestris* zlepšuje spermatogenezi, libido a kvalitu sexuálního života. U mužů s erektilní dysfunkcí bylo během 12týdenního testování zaznamenáno výrazné zlepšení sexuálních funkcí. U stresovaných mužů bylo dosaženo zvýšení spermatogeneze a u žen v menopauze bylo libido obnoveno díky zvýšení hladin volného testosteronu. Bylo zjištěno, že extrakty *T. terrestris* zvyšují mobilitu a koncentraci spermií, přičemž vitalita spermií byla zlepšena díky antioxidačním vlastnostem. U mužů se středně těžkou arteriální dysfunkcí bylo zaznamenáno zlepšení erekce, ejakulace a kvality života. Výsledky výzkumů potvrzují, že *T. terrestris* může být používán jako bezpečná a účinná alternativa pro léčbu sexuálních poruch. (Semerdjieva and Zheljazkov, 2019)

Klinickými studiemi byl zkoumán vliv *T. terrestris* na kardiovaskulární systém. Bylo prokázáno, že saponiny této rostliny mají ochranný účinek na ischemicko-reperfuční poškození myokardu. Pomocí saponinů byla sice snížena hladina laktátdehydrogenázy, methandikarboxylového aldehydu, tumor nekrotizujícího faktoru α a interleukinu-6, ale byla také zvýšena rychlost apoptózy a zlepšena struktura kardiomyocytů u potkanů. Je také diskutován možný vliv na koronární průtok a srdeční činnost. (Zhu and Du, 2017) Dále byl zkoumán protektivní účinek tribulosinu (monomeru celkových saponinů *T. Terrestris*) proti srdečnímu ischemickému/reperfučnímu poškození srdce u krys. Izolovaná krysí srdce byla podrobena 30 min ischemii a následně 120 min reperfuzi. Následně byla rozdělena na 7 skupin – kontrolní, skupinou postiženou ischemií/reperfuzí, léčenou 100 mg/l saponinů *T. terrestris*, léčenou tribulosinem v koncentracích 100, 10 a 1 nmol/l a léčenou inhibitorem PKC (proteinkináza C) 1 μ mol/l. Ischemií a následnou reperfuzí mohou být způsobena zranění podobná nebo horší než po čisté ischemii. Během ní je zvýšena CK (kreatinkináza), LDH (laktátdehydrogenáza), MDA (malondialdehyd), AST (aspartátaminotransferáza) a snížena SOD (superoxiddismutáza). Jsou také generovány volné radikály kyslíku, které způsobují peroxidaci lipidů a mohou vést až k apoptóze kardiomyocytů. U srdcí ošetřených tribulosinem byly naopak látky jako LDH, CK, AST a MDA sníženy a SOD zvýšena, což potvrdilo, že tribulosin chránil kardiocyty před ischemickým/reperfučním poškozením. Velikost infarktu byla také po léčbě tribulosinem snížena, takže byl prokázán ochranný účinek proti ischemickému/reperfučnímu poškození také v kardiocytech. Tribulosinem byla zlepšena životaschopnost buněk potlačením apoptózy kardiocytů. (Zhang et al., 2010)

Výzkum Patela, Soniho et al. 2019 byl zaměřen na protirakovinné mechanismy extraktů *T. terrestris* na lidských buňkách rakoviny prsu. Pro testy byla použita buněčná linie lidského karcinomu prsu MCF-7 a methanolové nebo saponinové extrakty z listů a semen *T. terrestris*. Buňky byly po 24 h inkubaci ošetřeny extrakty v koncentracích 6,25–100 µg/ml a poté inkubovány při 37 °C po dobu 24 h. Posléze byly provedeny další kroky testu. Pomocí testů bylo odhaleno, že extrakty vykazovaly inhibiční účinek na životaschopnost rakovinných buněk. Bylo zjištěno, že extrakty zvýšily hladiny genu Bax, který podporuje apoptózu buněk a snížily hladinu Bcl-2, která brání apoptóze buněk. Závěrem bylo uvedeno, že extrakty *T. terrestris* spouští více než jednu dráhu buněčné smrti, čímž se mohou uplatnit v boji proti rakovině. (Patel et al., 2019)

5 KAPSAICIN

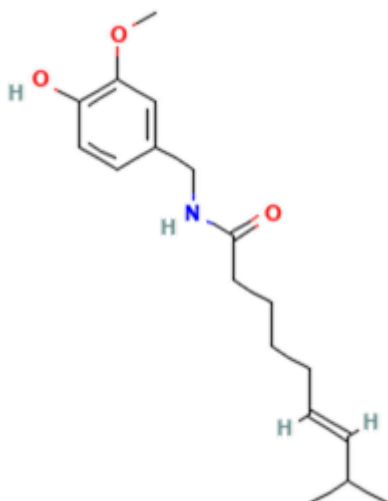
Kapsaicin je bioaktivní alkaloid přítomný v plodech rodu *Capsicum*, známý svým termogenním a metabolicky stimulačním účinkem. Na rozdíl od klasických stimulantů centrální nervové soustavy, jako je kofein, působí primárně periferně aktivací TRPV1 (vaniloid 1 s přechodným receptorovým potenciálem) receptorů. Stimuluje termogenezi a energetický výdej, čímž může přispívat k regulaci tělesné hmotnosti. Zároveň vykazuje antimutagenní a antikarcinogenní účinky, včetně indukce apoptózy v nádorových buňkách.

5.1 Chemicko-fyzikální vlastnosti kapsaicinu

Chemický název je trans-8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamid a je aktivní složkou plodů rostliny patřících do rodu *Capsicum*. Strukturní vzorec kapsaicinu lze vidět na Obrázku 25. Čistý kapsaicin je hydrofobní, bezbarvá, krystalická sloučenina bez zápachu. (Sharma et al., 2013) V rostlinách je tvořen jako sekundární metabolit, jehož hlavní úlohou je obrana vůči predátorům, hmyzu a patogenům. Přibližně 89 % kapsaicinu se nachází v placentě a jen 5–6 % v oplodí. (Maharjan et al., 2024) Je jedním ze dvou důležitých **kapsaicinoidů** obsažených v papričkách.

Kapsaicinoidy jsou zástupci skupiny **protoalkaloidů** a jsou deriváty vanillylaminu specifické pro rod papriček *Capsicum*. Jedná se o sloučeniny bez vůně, chuti a nemají žádnou nutriční hodnotu. Nalezneme je hlavně v chilli papričkách, ve kterých bylo identifikováno více než 20 jednotlivých kapsaicinoidů. (Reyes-Escogido et al., 2011) Obsah látek v papričkách však záleží na několika faktorech, jako je odrůda, zralost plodu, roční období a další. (Tewksbury et al., 2006)

Kapsaicinoidy odpovídají za štiplavost jednotlivých druhů feferonek. Chilli papričky však nenavozují jen pocit ohně v ústech, jícnu a žaludku, obsahují také karotenoidy, vitamín C, flavonoidy a byly u nich prokázány i antioxidační, protizánětlivé a protinádorové vlastnosti, včetně pozitivního vlivu na redukci hmotnosti. (R. Naves et al., 2019)



Obrázek 25 Struktura kapsaicinu

(zdroj: *National Library of Medicine*, 2025)

5.2 Metabolismus kapsaicinu

Metabolismus kapsaicinu je závislý na způsobu podání a množství. Ve studii Suresh a Srinivasan bylo publikováno vstřebávání kapsaicinu po perorálním podání. Testovacím subjektům (potkanům) bylo podáno 30 mg/kg kapsaicinu. Maximální distribuce kapsaicinu v krvi a střevě byla pozorována již po 1 hodině po podání. Nejvyšší koncentrace kapsaicinu byla pozorována po třech hodinách v játrech. Dále byl kapsaicin nalezen i v ledvinách. Po 24 h bylo ve všech tkáních z 24,4 % původního kapsaicinu pouze 1,24 % a po 48 h jen 0,057 %. Z výsledků bylo vyvozeno, že kapsaicin je velmi rychle metabolizován ve všech výše zmíněných tkáních. (Suresh and Srinivasan, 2010) Intravenózním podáním bylo dosaženo rychlého vstupu kapsaicinu do CNS, ale po 10 minutách byl obsah kapsaicinu v mozku, míše, krvi i játrech výrazně snížen. Kapsaicin je schopen vstřebávat se lidskou pokožkou, a to již po jedné minutě po aplikaci. Proto je často přidáván do volně prodejných léčivých mastí, ve kterých je obsaženo 0,025-1 % této látky. (Rollyson et al., 2014)

Po vstupu do těla je kapsaicinem aktivován receptor TRPV1, což je iontový kanál citlivý na teplo a další podněty. Tento receptor je obsažen v membránách sensorických neuronů a hraje důležitou roli v přenosu bolesti a tepelného vjemu. Kapsaicin je navázán na specifické místo uvnitř receptoru, čímž způsobuje jeho otevření a následný průnik iontů, zejména vápníku a sodíku, do buňky. Tím je způsobeno podráždění nervu a vyvolán typický pocit pálení. Aktivace TRPV1 kapsaicinem má nejen sensorický účinek, ale může mít i terapeutický potenciál, například v léčbě bolesti, metabolických poruch nebo kardiovaskulárních chorob. (Hanson et al., 2015) Kapsaicin může také specificky působit na

receptor TRPV1 srdečních nerových vláken třídy C. Tímto působením je podpořeno uvolňování kalcitoninového genového peptidu, čímž je inhibován parasympatický nervový systém a draslíkové ionové kanály. Tím jsou zlepšovány srdeční funkce a regulována kardiovaskulární činnost. (Li et al., 2024)

5.3 Vliv kapsaicinu na regulaci hmotnosti

Kapsaicin je další látkou, která je studována jako možný lék proti obezitě. Studiemi, prováděnými na myších, byl dokumentován vliv kapsaicinu na snížení počtu a velikosti tukových buněk a tím zabránit vzniku obezity. (Basith et al., 2016) Studie prováděné na lidech byly zaměřeny především na redukci hmotnosti. Pacienti byli podrobeni hypokalorické dietě, kdy jim po 4 týdnech byly podávány 3 kapsle s obsahem 450 mg kapsaicinu nebo placebo denně. Po následujících 8 týdnech byla redukce hmotnosti u skupiny užívající kapsaicin o 0,9 kg výraznější než u skupiny s placebem. (Belza et al., 2007)

Ve studii z roku 2024 provedené na potkanech, byly použity synteticky vyrobené deriváty kapsaicinu. Bylo zjištěno, že tyto látky měly pozitivní vliv na snížení hmotnosti, omezení ukládání tuků, pro podporu přestavby cév a myokardu, na rozšíření cév a úpravu metabolismu glukózy a lipidů s intenzivnějším efektem než kapsaicin. (Li et al., 2024)

Kapsaicin by mohl být také nápomocný při redukci hmotnosti díky své schopnosti regulovat chuť k jídlu a navozovat delší pocit sytosti. V odborné studii Janssensa, Hursela, Westerterp-Plantenga z roku 2014 byly zkoumány 36hodinové účinky kapsaicinu na pocit plnosti a snížení chuti k jídlu. Do výzkumu bylo zapojeno 15 osob, kterým bylo podáváno 2,56 mg kapsaicinu ke každému jídlu tak, aby celkový denní příjem činil 7,68 mg. Bylo zjištěno, že kapsaicin zvýšil pocit sytosti a plnosti ve stavu vyrovnané energetické bilance. Dále bylo výsledky prokázáno, že i při negativní energetické bilanci (25 %ní kalorický deficit) nedocházelo k nežádoucí konzumaci dalšího jídla po večeři. (Janssens et al., 2014) Zvýšení pocitu sytosti a snížení příjmu energie a tuků bylo dokázáno i studií Westerterp-Plantenga, Smeets a Lejeune v roce 2004. Do experimentu bylo zahrnuto 24 osob, kterým bylo podáváno 0,9 g papričky (0,25 % kapsaicinu) buď v rajčatové šťávě, nebo ve dvou kapslích anebo placebo v rajčatové šťávě. Průměrný denní energetický příjem byl snížen u mužů i u žen o 10-16 %. Bylo zjištěno, že kapsaicin, který byl požit spolu s rajčatovou šťávou, snížil denní příjem více než kapsaicin v kapslích. Pocit sytosti byl zvýšen u mužů

i u žen, pravděpodobně díky stimulaci aktivity somatického nervového systému, zvýšení dietou indukované termogeneze a pocitu sytosti. (Westerterp-Plantenga et al., 2005)

U kapsaicinu byl zkoumán také vliv na oxidaci substrátu a udržení hmotnosti po mírném úbytku tělesné hmotnosti. V publikované studii bylo zahrnuto celkem 66 účastníků s nadváhou. Po dobu 4 týdnů byli podrobeni nízkokalorické dietě, kdy v průměru redukovali 7,8 % původní hmotnosti. Poté byla zahájena udržovací fáze, kdy bylo 30 subjektům podáváno 135 mg kapsaicinu denně a 36 subjektům bylo podáváno placebo. Během udržovací fáze došlo k mírnému nárůstu hmotnosti u všech sledovaných osob, ale respirační kvocient byl u skupiny s kapsaicinem výrazně menší, což naznačuje menší pokles oxidace tuků než u skupiny s placebem. V udržovací fázi byl také pozorován vyšší nárůst klidového energetického výdeje ve skupině s kapsaicinem než u placeba. (Lejeune et al., 2003)

5.4 Vliv kapsaicinu na imunitní systém

Kapsaicin je považován za významnou antimutagenní a antikarcinogenní látku. Bylo prokázáno, že kapsaicin cílí na několik proteinů zapojených do mitochondriální dráhy smrti, aby podpořil apoptózu v různých liniích rakovinných buněk. Je specificky navázán na receptor TRPV1, kde podporuje přechod vápníku Ca^{2+} do rakovinných buněk, zvyšuje koncentraci Ca^{2+} , a tím potlačuje proliferaci a zvyšuje apoptózu. Tímto byl prokázán jeho protirakovinný účinek u různých typů rakoviny, včetně rakoviny prsu, plic, kostí, ale i rakoviny gastrointestinálního systému. Jeho antikarcinogenní potenciál je dále zvyšován kombinací s jinými léky, jako jsou chemoterapeutika nebo radioterapie. (Şanlier et al., 2024)

Účinnost kapsaicinu byla prokázána dále především u ER-pozitivních (estrogen pozitivních) buněk karcinomu prsu. Buňky byly ponechány působení kapsaicinu po dobu 72h, a poté byly nabarveny za účelem vyhodnocení schopnosti kapsaicinu vyvolat apoptózu. Po 24 hodinách léčby bylo procento apoptotických buněk výrazně zvýšeno a po 72 hodinách bylo při detekci apoptózy více než 80 % buněk pozitivních. (Radhakrishma et al., 2024)

5.5 Zdroje kapsaicinu

5.5.1 Chilli papričky

Chilli papričky jsou řazeny mezi plodovou, lilkovitou zeleninu, která je definována ve vyhlášce 157/2003 Sb. (Česko, 2003) Jedná se o domestikované druhy papriky rodu *Capsicum*. Do této skupiny spadá přibližně 42 druhů papriček. Ekonomicky

nejvýznamnějšími druhy jsou paprika setá (*Capsicum annuum* var. *annuum*), která je původem z Mexika, paprika čínská (*Capsicum chinense*) a paprika křovitá (*Capsicum frutescens*). Nejznámějším poddruhem papriky seté je Cayenne, papriky čínské Habanero a papriky křovité Tabasco (viz Obrázek 26). (Peñuela et al., 2021)



Obrázek 26 Nejznámější poddruhy chilli papriček

(zdroj: Peñuela et al., 2021)

Nejpálivější papričkou světa byla ještě donedávna Carolina Reaper, která dosahuje hodnot pálivosti 2,2 milionů SHU. V roce 2023 však byl představen nový typ papričky tzv. Pepper X, který dosáhl 2,69 milionů SHU. Je považován za nejpálivější papričku na světě a je zaznamenán také v Guinessově knize rekordů. Je výsledkem křížení Caroliny Reaper a nespecifikovaného pálivého chilli. (Athena Information Solutions Pvt. Ltd. 2023)

Chilli je nepostradatelným kořením v nejrůznějších kuchyních po celém světě. Lze jej použít nejen jako ochucovadlo, ale také barvivo. Je vynikajícím zdrojem vitamínu C, kterého obsahuje sedmkrát více než pomeranč. Dále obsahuje také karotenoidy, B-komplex, vitamín E a také molybden, mangan, draslík. (Kothari et al., 2009)

Pro hodnocení pálivosti chilli papriček jsou používány jednotky Scoville Heat Units (SHU). V potravinách je pálivost papriček obecně označována jako mírná, střední, horká nebo extra horká. (Guzmán and Bosland, 2017)

V Tabulce 4 je uvedena pálivost vybraných druhů papriček, potravin a čistého kapsaicinu v jednotkách SHU.

Tabulka 4 Srovnání pálivosti papriček, potravin, látek

Druh papričky/potravina/látka	SHU
Čistý kapsaicin	16 000 000
Pepřový sprej	2 500 000–4 500 000
Pepper X	2 690 000
Carolina Reaper	1 500 000–2 200 000
Habanero Green	330 000
Cayenne Red	50 000
Jalapeno	7 500
Tabasco omáčka	3 000

(zdroj: Chilli pikanterie)

5.5.2 Doplnky stravy s obsahem kapsaicinu

Kapsaicin je součástí různých doplňků stravy. Může být buď jedinou složkou, anebo je dodáván i v kombinaci s jinými rostlinnými výtažky, jako je ginkgo biloba a extrakt ze zeleného čaje nebo kofein. Na trhu byla nalezena spousta značek prodávající kapsle či tablety s obsahem této látky, mezi jejichž hlavními účinky byla uvedena podpora metabolismu lipidů, podpora normální funkce žaludku, působení jako antioxidant, pomoc při redukci energetického příjmu, čímž napomáhá k lepší kontrole tělesné hmotnosti atd. V následujícím odstavci je obsažen výčet doplňků stravy nalezených jako volně prodejných na českém trhu.

Prvním doplňkem s vysokým obsahem kapsaicinu je „Cayenne“ od značky Swanson, který je vyráběn v USA. V jedné želatinové kapsli je dle výrobce obsaženo 450 mg kajenského pepře. (Natima, © 2025) Čistý obsah kajenského pepře s obsahem kapsaicinu je obsažen také ve výrobku „Cayenne Strong“ od značky LIFESAVER. K výrobě kapslí jsou

používány silně pálivé odrůdy chilli s hodnotou 150 000 SHU. Denní dávkování je výrobcem stanoveno na 1-3 kapsle denně během jídla, kdy je v 1 kapsli obsaženo 250 mg kajenského pepře. Pod touto značkou je prodáván i doplněk „*Cayenne Mild*“ obsahující stejně množství kajenského pepře, ale získaného z chilli papriček s hodnotou 50 000 SHU. (Chilli.top, © 2025) Dalším doplňkem je na příklad „*Chillies Active*“ od značky VIRDE, který obsahuje výtažek z papriky s obsahem kapsaicinu, garcinii a ginkgo bilobu. V denní dávce, tvořené 3 tabletami, je dle výrobce obsaženo 150 mg výtažku z paprikového plodu, 289 mg garcinie a 38 mg ginkgo biloby. (Benu, © 2025) Tento produkt je možné zakoupit především v prodejnách lékáren. Od značky Alavis je na trhu dostupný doplněk stravy s názvem „*Spalovač tuků*“. V jedné kapsli je obsaženo 200 mg L-karnitinu-L-tartátu, 100 mg kofeinu a 100 mg extraktu z plodu papriky s obsahem min 2 % kapsaicinoidů. Denní dávkou jsou 2 kapsle a jako hlavní efekt bylo výrobcem uvedeno snížení energetického příjmu, zvýšení termogeneze a energetického výdeje, zvýšení bdělosti a soustředění i vytrvalostního výkonu. (Dr.Max, © 2025)

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce si kladla za cíl zmapovat stimulační látky, které se přirozeně vyskytují v potravinách i v doplňcích stravy, a zhodnotit jejich účinky na lidský organismus z pohledu současných vědeckých poznatků. V rámci rešerše byla zpracována dostupná odborná literatura a vědecké studie zaměřené na látky jako kofein, theobromin, kapsaicin, saponinové ginsenosidy a steroidní saponiny. Jednotlivé kapitoly se věnovaly nejen chemicko-fyzikálním vlastnostem těchto látek a jejich přirozeným i uměle vytvořeným zdrojům, ale také jejich potenciálním účinkům – pozitivním i negativním – na různé systémy lidského těla.

Z dostupných zdrojů vyplývá, že stimulační látky mohou mít široké spektrum účinků – od zvýšení bdělosti, zlepšení metabolismu, až po ovlivnění krevního tlaku, hormonálních funkcí nebo psychického stavu. Současně jsou v literatuře popisována i rizika spojená s jejich nadměrným či dlouhodobým užíváním, mezi něž patří především návykovost, zátěž kardiovaskulárního systému, nebo snížení kvality spánku. Práce rovněž poukázala na rozdílnost názorů v odborné literatuře, což reflektuje složitost celé problematiky a nutnost individuálního přístupu ke konzumaci těchto látek.

Přínosem práce je přehledné a systematické zpracování klíčových informací o stimulačních látkách, které se v běžné populaci vyskytují a konzumují stále častěji – ať už vědomě, nebo jako součást běžné stravy. Pro čtenáře může být práce užitečným průvodcem při orientaci v problematice, která bývá v médiích často zjednodušována nebo komerčně zkreslována.

Do budoucna by bylo vhodné navázat na tuto rešerši praktickým výzkumem – například sledováním fyziologických účinků vybrané látky na určitou věkovou skupinu, nebo porovnáním účinku různých forem (přírodní vs. syntetická forma). Zajímavou cestou by rovněž mohlo být zaměření na interakce mezi jednotlivými látkami v multikomponentních doplňcích stravy, které jsou na trhu běžně dostupné, ale často málo studované.

Problematika stimulačních látek si zaslouží pozornost nejen kvůli jejich rozšířenému užívání, ale také kvůli možným dopadům na veřejné zdraví. I z toho důvodu považuji za důležité podporovat informovanost spotřebitelů a zároveň klást důraz na další výzkum v této dynamicky se rozvíjející oblasti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- TSVETKOVA, D. Dobrina; KLISUROV, C. Radoslav; et al. *Investigation of some pharmacological effects of Caffeine and Taurine in food supplements; Fig. 2. Metabolism of Caffeine*. Online, obrázek. In: International Journal of Nutrition and Food Sciences, 2014. Dostupnost z: <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.ijnfs.s.2015040101.14>. [cit. 2025-03-31]
- ADELI, Akbar; NIKOOIE, Rohollah and AMINAIE, Mohsen. Effect of Simultaneous Consumption of Caffeine and L-Carnitine on Aerobic Performance and Substrate Selection During Exercise. Online. *Sport Physiology*. 2020, vol. 11, č. 44, s. 107-122. Dostupné z: https://spj.ssric.ac.ir/article_1959.html. [cit. 2025-03-31]
- AGRAWAL, Anshul. Adaptogenic plants within food supplement. Online. *Annals of Innovation in Medicine*. 2023, vol. 1, č. 1. Dostupné z: <https://journals.eikipub.com/index.php/AIM-Medicine/article/view/29>. [cit. 2025-03-31]
- ACHESON, J. Kevin; GREMAUD, Gérard; et al. Metabolic effects of caffeine in humans: lipid oxidation or futile cycling? Online. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2007, vol. 79, č. 1, s. 40-46. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522037881?via%3Dihub>. [cit. 2025-03-18]
- ALIFIYA, Fhahira and GUNTARTI, Any. Theobromine content in chocolate products: aa review. *Journal of Halal Science and Research*. 2021. vol. 2, č. 1, s. 24-32, ISSN: 2715-6214. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/366101321_Theobromine_content_in_chocolate_products_a_review. [cit. 2025-04-28]
- ANDERSEN, T. and FOGH, J. Weight loss and delayed gastric emptying following aa South American herbal preparation in overweight patients. Online. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2002, vol. 14, č. 3, s. 243-250. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-277X.2001.00290.x?saml_referrer=&sid=nlm%3Apubmed. [cit. 2025-03-26]
- ASHIHARA, Hiroshi and CROZIER, Alan. Caffeine: aa well known but little mentioned compound in plant science. Online. *Trends in Plant Science*. 2001, vol. 6, č. 9, s. 407-413.

ISSN 1360-1385. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138501020556#aep-section-id20>. [cit. 2025-03-13]

ASHIHARA, Hiroshi; SANO Hiroshi and CROZIER Alan. Caffeine and related purine alkaloids: biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering. Online. *Phytochemistry*. 2007, vol. 69, č. 4, s 841-856. ISSN 0031-9422. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942207006346?via%3Dihub>. [cit. 2024-12-30]

ATHENA INFORMATION SOLUTIONS PVT. LTD. Pepper X dethrones Carolina Reaper as World's Hottest Pepper with 2.69 million SHU. *Financial Express*. 2023. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/2878312292/fulltext/F33235081784819PQ/1?accountid=15518&sourcetype=Newspapers>. [cit. 2025-01-04]

AVOIS, L.; ROBINSON, N.; SAUDAN, C. et al. Central nervous system stimulants and sport practice. *British Journal of Sports Medicine*. 2006, vol. 40, č. 1, s. 16-20. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2657493/>. [cit. 2025-03-13]

BANERJEE, Priya; ALI, Zabiullah; LEVINE, Barry; FOWLER, David R. Fatal Caffeine Intoxication: AA Series of Eight Cases from 1999 to 2009. Online. *Journal of forensic sciences*. 2014, vol. 59, č. 3, s. 865-868. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1556-4029.12387>. [cit. 2024-12-30]

BAPTISTE-ROBERTS, Kesha and LEVITON, Alan. Caffeine exposure during pregnancy: Is it safe? Online. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*. 2020, vol. 25, č. 6. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1744165X20300998#bib18>. [cit. 2025-03-23]

BASITH, S.; CUI, M.; HONG, S.; CHOI, Sun. Harnessing the Therapeutic Potential of Capsaicin and Its Analogues in Pain and Other Diseases. Online. *Molecules*. 2016, vol. 21, č. 8. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6272969/>. [cit. 2024-12-30]

BAUM, M. and WEIß, M. The influence of aa taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. Online. *Amino acids*. 2001, vol. 20, s. 75-82. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s007260170067>. [cit. 2025-03-26]

- BAUMANN, W. Thomas and FRISCHKNECHT, M. Peter. CHAPTER 23 – Purines. Online. *Phytochemicals in Plant Cell Cultures*. 1988, s. 403-417. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780127150055500303>. [cit. 2025-02-07]
- BELZA, A.; FRANDSEN, E.; KONDRUP J. Body fat loss achieved by stimulation of thermogenesis by aa combination of bioactive food ingredients: aa placebo-controlled, double-blind 8-week intervention in obese subjects. Online. *International Journal of Obesity*. 2007, vol. 31, s. 121-130. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/0803351#Tab2>. [cit. 2025-04-03]
- BENU. *Chillies Active tbl. 90*. Online. In: Benu, © 2025. Dostupné z: <https://www.benu.cz/chillies-active-tbl-90>. [cit. 2025-04-05]
- BEZPEČNOST POTRAVIN. *Kofein*. Online. In: Bezpečnost potravin. ©2009-2025. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/kofein/>. [cit. 2025-02-07]
- BJØRNGAARD, H. Johan; NORDESTGAARD, T. Ask; TAYLOR, E. Amy, et al. et al., Heavier smoking increases coffee consumption: findings from aa Mendelian randomization analysis. Online. *International Journal of Epidemiology*. 2017, vol. 46, č. 6, s. 1958-1967. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5837196/#sup1>. [cit. 2025-03-24]
- BONILLA, A. Diego; MORENO, Yurany; et al. Effects of Ashwagandha (*Withania somnifera*) on Physical Performance: Systematic Review and Bayesian Meta-Analysis. 2021, vol. 6, č. 1. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8006238/#sec5-jfmk-06-00020>. [cit. 2025-02-02]
- BOSWELL-SMITH, Victoria; SPINA, Domenico and PAGE, P. Clive. Phosphodiesterase inhibitors. Online. *British Journal of Pharmacology*. 2006, vol. 147, č. 1, s. 252-257. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1760738/>. [cit. 2025-03-18]
- BURDOCK, A. George; CARABIN, G. Ioana and CRINCOLI, M. Christine. Safety assessment of kola nut extract as aa food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*. 2009, vol. 47, č. 8, s. 1725-1732. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.019>. [cit. 2025-04-27]
- BYLINY. CZ. *Rozchodnice růžová kořen*. Online, obrázek. In: Byliny. cz. Dostupné z: <https://www.byliny.cz/rozchodnice-ruzova-koren/>. [cit. 2025-01-09]

CABALLERO-GARCÍA, Alberto; NORIEGA.GONZÁLEZ, C. David; et al. Effects of L-Carnitine Intake on Exercise-Induced Muscle Damage and Oxidative Stress: AA Narrative Scoping Review. Online. *Nutrients*. 2023, vol. 15, č. 11. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10255885/>. [cit. 2025-03-31]

COGNER, A. Scott; TUTHILL, M. Lara and MILLARD-STAFFORD, L. Mindy. Does Caffeine Increase Fat Metabolism? AA Systematic Review and Meta-Analysis. Online. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2022, vol. 33, č. 2, s. 112-120. Dostupné z: [https://journals.humankinetics.com/configurable/content/journals\\$002fjjsnem\\$002f33\\$002f2\\$002farticle-p112.xml?t:ac=journals%24002fjjsnem%24002f33%24002f2%24002farticle-p112.xml](https://journals.humankinetics.com/configurable/content/journals$002fjjsnem$002f33$002f2$002farticle-p112.xml?t:ac=journals%24002fjjsnem%24002f33%24002f2%24002farticle-p112.xml). [cit. 2025-03-26]

COMBARIEU, E; FUZZATI, N; LOVATI, M and MERCALLI, E. Furostanol saponins from *Tribulus terrestris*. Online. *Fitoterapia*. 2003, vol. 74, č. 6, s. 583-591. ISSN 0367-326X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X03001527>. [cit. 2025-02-06]

CORSETTI, Giovanni; PASINI, Evasio; ASSANELLI, Deodato and BIANCHI, Rossella. Effects of acute caffeine administration on NOS and Bax/Bcl2 expression in the myocardium of rat. Online. *Pharmacological Research*. 2008, vol. 57, č. 1, s. 19-25. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661807001338?via%3Dihub>. [cit. 2025-03-19]

CUI, Aiyong; XIAO, Peilun; et al. Association between caffeine consumption and bone mineral density in children and adolescent: Observational and Mendelian randomization study. *PLOS One*. 2023, vol. 18, č. 6. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10309635/#pone.0287756.s002>. [cit. 2025-04-17]

CURRAN, P. Christine and MARCZINSKI, A. Cecile. Taurine, Caffeine, and Energy Drinks: Reviewing the Risks to the Adolescent Brain. Online. *Birth Defects Res. Author manuscript*. 2017, vol. 109, č. 20, s. 1640-1648. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5737830/>. [cit. 2025-03-26]

ČESKO. Vyhláška 157/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce aa čerstvou zeleninu, zpracované ovoce aa zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby,

- brambory aa výrobky zz nich, jakož ii další způsoby jejich označování. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2003. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-157>. [cit. 2025-04-28]
- ČESKO. Vyhláška č. 187/2023 Sb. oo požadavcích na čaj, kávu aa kávoviny. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2023. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-187>. [cit. 2025-04-28]
- ČESKO. Vyhláška č. 248/2018 Sb. oo požadavcích na nápoje, kvasný ocet aa droždí. Online In: *Zákony pro lidi*. 2018-2025. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248#cast2>. [cit. 2025-03-13]
- ČESKO. Vyhláška č. 58/2018 Sb. oo doplňcích stravy aa složení potravin. Online In: *Zákony pro lidi*. 2018-2025. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-58>. [cit. 2025-03-13]
- ČESKO. Vyhláška č. 76/2003 Sb. ze dne 6. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek aa směsi kakaa ss cukrem, čokoládu aa čokoládové bonbony. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2003. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-76?text=kakaov%C3%BD+pr%C3%A1%C5%A1ek#oddil4>. [cit. 2025-01-02]
- DALAL, Rajeev and GRUJIC, Dejan. *Epinephrine*. Online. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2025. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482160/>. [cit. 2025-04-17]
- DARY OD PŘÍRODY. *Ženšen pravý (Panax ginseng)*. Online, obrázek. In: Daryodprirody. Dostupné z: <https://daryodprirody.cz/zensen-pravy-panax-ginseng/>. [cit. 2024-12-31]
- DE PIETRO, MaryAnn. *Health benefits of kola nut*. Online. In: Medical News Today. 13. 7. 2023. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/319626>. [cit. 2024-12-31]
- DESAI, Sapna D.; DESAI, Dhruv G. and KAUR, Harmeer. Saponins and their Biological Activities. Online. *Pharma Times*. 2009, vol. 41, č. 3. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Harmeet-Kaur-18/publication/288126191_Saponins_and_their_biological_activities/links/586dc5380ae8fce491b604b/Saponins-and-their-biological-activities.pdf. [cit. 2025-02-06]
- DR. KRESÁNEK. *Čajovník čínský*. Online, obrázek. In: Drkresanek. Dostupné z: <https://www.drkresanek.sk/atlas-bylinka/cajovnik-cinsky>. [cit. 2025-03-13]

DR.MAX. *Alavis Maxima Spalovač tuků 40 kapslí*. Online. In: Dr.Max, © 2025. Dostupné z: <https://www.drmax.cz/alavis-maxima-spalovac-tuku-40-kapsli>. [cit. 2025-04-05]

EFSA. *Scientific Opinion on the safety of caffeine*. Online. In: European Food Safety Authority. 23. 04. 2015. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4102>. [cit. 2025-03-21]

EINÖTHER, J. L. Suzanne; MARTENS, E. G. Vanessa; RYCROFT, A. Jane and DE BRUIN, A. Eveline. L-theanine and caffeine improve task switching but not intersensory attention or subjective alertness. *Appetite*. 2010, vol. 54, č. 2, s. 406-409. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20079786/>. [cit. 2025-04-18]

Expenditure. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017, vol. 57, č. 2, s. 254-258. ISSN: 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.986672>. [cit. 2025-02-01]

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Javier; TRUJILLO-COLMENA, Daniel; et al. Effect of Acute Caffeine Intake on Fat Oxidation Rate during Fed-State Exercise: AA Systematic Review and Meta-Analysis. Online. *Nutrients*. 2024, vol. 16, č. 2, s. 207. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10819049/>. [cit. 2025-02-01]

FOUROVÁ, Karolína. *Výživná kniha oo jídle*. 1. vydání. Praha: Euromedia Group, a. s., 2022. ISBN: 978-80-242-8229-9. [cit. 2025-01-02]

GARCIA, F. Juan; SECO-CALVO, Jesús et al. *Tribulus terrestris* and Sport Performance: AA Quantitative and Qualitative Evaluation of Its Advertisement and Availability via Online Shopping in Six Different Countries. Online. *Nutrients*. 2024, vol. 16, č. 9. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11085339/>. [cit. 2025-02-06]

GHEDIRA, K.; GOETZ, P.; LE JEUNE, R. Kola, Cola nitida (Vent) Schott et Endl (= C. vera Schumann) et Cola acuminata (P. Beauv.) Schott et Endl. Online. *Phytothérapie*. 2009, vol. 7, s. 37-40. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10298-009-0363-1>. [cit. 2024-12-31]

GÓRSKA, A. M. and GOŁEMBIOWSKA, K. The Role of Adenosine A1 and A2A Receptors in the Caffeine Effect on MDMA-Induced DA and 5-HT Release in the Mouse Striatum. Online. *Neurotox Research*. 2014, vol. 27, č. 3, s. 229-245. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4353865/#Sec1>. [cit. 2025-02-07]

GOYA, Luis; KONGOR, E. John and PASCUAL-TERESA, Sonia. From Cocoa to Chocolate: Effect of Processing on Flavanols and Methylxanthines and Their Mechanisms of Action. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, vol. 23, č. 22. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/22/14365>. [cit. 2025-03-28]

GRELA, A.; KULZA, M.; PIEKOSZEWSKI, W., et al. et al., The effects of tobacco smoke exposure on caffeine metabolism. Online. *Italian Journal of Food Science*. 2013, vol. 25, č. 1, s. 76-82. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1326333901?sourcetype=Scholarly%20Journals>. [cit. 2025-03-24]

GUO, Shiyi and REZAEI, J. Mohammad. The benefits of ashwagandha (*Withania somnifera*) supplements on brain function and sports performance. Online. *Frontiers in Nutrition*. 2024, vol. 11. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11327513/#sec4>. [cit. 2025-02-02]

GUTIÉRREZ-HELLÍN, Jorge; DEL COSO, Juan; et al. Research Trends in the Effect of Caffeine Intake on Fat Oxidation: AA Bibliometric and Visual Analysis. Online. *Nutrients*. 2023, vol. 15, č. 20, s. 4320. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10609622/>. [cit. 2025-02-01]

GUZMÁN, Ivette and BOSLAND, Paul W. Sensory properties of chile pepper heat – and its importance to food quality and cultural preference. Online. *Appetite*. 2017, vol. 117, s. 186-190. ISSN 0195-6663. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195666316310339?via%3Dihub>. [cit. 2025-01-04]

HA JEE, Sun; HE Jiang; WHELTON, K. Paul; et al. The Effect of Chronic Coffee Drinking on Blood Pressure : AA Meta-Analysis of Controlled Clinical Trials. Online. *Hypertension*. 1999, vol. 33, č. 2. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.HYP.33.2.647>. [cit. 2025-03-21]

HANDMADEPICTURE. *Celá kola ořechy (izolované na bílém)*. Online, obrázek. In: Depositphotos. 2015. Dostupné z: <https://depositphotos.com/cz/photo/whole-cola-nuts-isolated-on-white-86818350.html>. [cit. 2024-12-31]

HANSON, M. Sonya; NEWSTEAD, Simon; SWARTZ, J. Kenton and SANSOM SP. Mark. Capsaicin Interaction with TRPV1 Channels in aa Lipid Bilayer: Molecular Dynamics

Simulation. *Biophysical Journal*. 2015, vol. 108, č. 6, s. 1425-1434. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4375533/>. [cit. 2025-04-22]

HECK, C. I.; MEJIA, E. G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): AA Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. Online. *Journal of Food Science*. 2007, vol. 72, č. 9, s. R138-R151. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x>. [cit. 2024-12-31]

HERMUND, B. Ditte; LARSEN, K. Lousie; et al. Fate of flavonoids and theobromine in cocoa beans during roasting: Effect of time and temperature. Online. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2024, vol. 102, č. 1, s. 35-45. Dostupné z: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aocs.12853>. [cit. 2025-03-29]

HERMUND, B. Ditte; LARSEN, K. Lousie; et al. *Obrázek 5*. Online, obrázek. In: AOCS. 2024. Dostupnost z: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aocs.12853>. [cit. 2025-03-29]

CHA, Youn-Soo; CHOI, Sung-Keun; SUH, Heajung; et al. Effects of Carnitine Coingested Caffeine on Carnitine Metabolism and Endurance Capacity in Athletes. Online. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2001, vol. 47, č. 6, s. 378-384. ISSN: 1881-7742. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv1973/47/6/47_6_378/article. [cit. 2025-03-31]

CHARLENE, Perrois; STRICKLER, Susan R.; GULLAUME, M. et al. Differential regulation of caffeine metabolism in *Coffea arabica* (Arabica) and *Coffea canephora* (Robusta). Online. *Planta: An International Journal of Plant Biology; Heidelberg*. 2015, vol. 241, č. 1, s. 179-191. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1641585237/CEE6FFA28DC0411DPQ/1?accountid=15518&sourcetype=Scholarly%20Journals>. [cit. 2025-01-02]

CHEMICAL BOOK, *Theobromine*. Online. In: Chemical book. © 2023. Dostupné z: https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB7753381.htm. [cit. 2025-02-10]

CHILLI PIKANTERIE. *Stupnice palivosti chilli papriček*. Online, tabulka. In: Chilli Pikanterie. © 2014-2024. Dostupné z: <https://www.chillipikanterie.cz/stupnice-palivosti-chilli-papricek>. [cit. 2025-01-04]

CHILLI.TOP. *ChilliActive Cayenne Mild 30 kapslí (250 mg)*. Online. In: Chilli.Top, © 2025. Dostupné z: <https://www.chilli.top/cs/product/3000001010-chilliactive-cayenne-mild-30-kapsli-250-mg>. [cit. 2025-04-05]

INSTITUTE OF MEDICINE (US) COMMITTEE ON MILITARY NUTRITION RESEARCH. *Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance: Formulations for Military Operations*. Online. In: Washington (DC): National Academies Press (US). 2001. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223808/>. [cit. 2025-02-07]

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. *Coffee, Tea, Mate, Methylxanthines and Methylglyoxal*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507032/>. [cit. 2025-03-13]

ISLAM, Rabia; AHMED, Muhammad; ULLAH, Wajahat, et al. et al., Effect of Caffeine in Hypertension. Online. *Current Problems in Cardiology*. 2023, vol. 48, č. 11. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146280623003092#bib0030>. [cit. 2025-03-20]

JANG, Myeong Hwan; MUKHERJEE, Sulagna et al. Theobromine alleviates diet-induced obesity in mice via phosphodiesterase-4 inhibition. Online. *European Journal of Nutrition*. 2020, vol. 59, s. 3503-3516. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00394-020-02184-6>. [cit. 2025-02-04]

JANSSENS, L. Pilou; HURSEL, Rick and WESTERTERP-PLANTENGA, S. Margriet. Capsaicin increases sensation of fullness in energy balance, and decreases desire to eat after dinner in negative energy balance. Online. *Appetite*. 2014, vol. 77, s. 46-51. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195666314001123>. [cit. 2025-04-03]

JULIANO, Laura M.; HUNTLEY, Edward D.; HARRELL Paul T.; WESTERMAN Ashley T. Development of the Caffeine Withdrawal Symptom Questionnaire: Caffeine withdrawal symptoms cluster into 7 factors. Online. *Drug and Alcohol Dependence*. 2012, vol. 124, č. 3, s. 229-234. ISSN 0376-8716. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376871612000269#sec0080>. [cit. 2024-12-30]

JUŘICA, Jan aa KOUPÁ, Tereza. Rozchodnice růžová aa její neuropsychotropní účinky. Online. *Česká aa slovenská farmacie*. 2016, vol. 65, s. 87-93. Dostupné z: <https://csfarmacie.cz/pdfs/csf/2016/03/01.pdf>. [cit. 2025-01-09]

KAHATHUDUWA, N. Chanaka; DHANASEKARA, S. Chathurika; et al. L-Theanine and caffeine improve target-specific attention to visual stimuli by decreasing mind wandering: a human functional magnetic resonance imaging study. *Nutrition Research*. 2018, vol. 49, s. 67-78. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0271531717304967?via%3Dihub>. [cit. 2025-04-21]

KALISZ, Octavia; STIDZIŃSKA, Sylwia and BOCIAN, Szymon. AA Determination of the Caffeine Content in Dietary Supplements According to Green Chemistry Principles. Online. *Foods*. 2023, vol. 12, č. 13, s. 2474. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/2836360253/695E09F80C244851PQ/2?accountid=15518&sourcetype=Scholarly%20Journals>. [cit. 2025-01-31]

KANG, Soowon and MIN, Hyeyoung. Ginseng, the 'Immunity Boost': The Effects of Panax ginseng on Immune System. Online. *Journal of ginseng research*. 2012, vol. 36, č. 4, s. 354-368. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3659612/>. [cit. 2025-02-03]

KELLY, Simon P.; GOMEZ-RAMIREZ, Manuel; MONTESI, Jennifer, L. and FOXE, John J. L-Theanine and Caffeine in Combination Affect Human Cognition as Evidenced by Oscillatory alpha-Band Activity and Attention Task Performance. Online. *The Journal of Nutrition*. 2008, vol. 138, č. 8, s. 1572S-1577S. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622099126>. [cit. 2025-03-28]

KHAN, Naghma and MUKHTAR, Hasan. Tea polyphenols for health promotion. Online. *Life Sci*. 2007, vol. 81, č. 7, s. 519-533. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3220617/>. [cit. 2025-02-01]

KLOTZ, Karl-Norbert. Adenosine receptors and their ligands. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. 2000, vol. 362, s. 382-391. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002100000315>. [cit. 2025-02-07]

KM EFSA. Vědecké stanovisko EFSA k bezpečnosti kofeinu. Online. In: Informační centrum bezpečnosti potravin. 29. 5. 2015. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/vedecke-stanovisko-efsa-k-bezpecnosti-kofeinu/>. [cit. 2025-01-02]

KOTHARI, S. L.; JOSHI, A.; et al. Chilli peppers — AA review on tissue culture and transgenesis. Online. *Biotechnology Advances*. 2009, vol. 28, č. 1, s. 35-48. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975009001517>. [cit. 2025-01-04]

KRÁLÍKOVÁ, Eva. Tabák aa závislost na tabáku. In: Kamil Kalina aa kolektiv. *Drogy aa drogové závislosti*. Vydání 1. Praha: úřad vlády ČR, 2003, s. 205. ISBN 80-86734-05-6. [cit. 2025-02-07]

LANGER, Swen; MARSHALL, J. Lisa; DAY, J. Andrea and MORGAN, A. R. Michael. Flavanols and Methylxanthines in Commercially Available Dark Chocolate: AA Study of the Correlation with Nonfat Cocoa Solids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021, vol. 59, č. 15, s. 8435-8441. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf201398t>. [cit. 2025-04-28]

LEJEUNE, P. G. M. Manuela; KOVACS, M. R. Eva and WESTERTERP-PLANTENGA, S. Margriet. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. Online. *British Journal of Nutrition*. 2003, vol. 90, s. 651-659. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/effect-of-capsaicin-on-substrate-oxidation-and-weight-maintenance-after-modest-bodyweight-loss-in-human-subjects/E8121427A21687A67B20E373B787041D>. [cit. 2025-04-03]

LI, Feng; HOU, Yingwei; PANG, Haipeng; SONG, Xiaofeng and LI, Wenbao. Novel derivatives of capsaicin as aa potent hypolipidemic and anti-obesity agent. Online. *Molecular Diversity*. 2024. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11030-024-10971-0>: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11030-024-10971-0#citeas>. [cit. 2024-12-30]

LONGZHU, Zhao; RUNQING, Zhan et al. Correlation between dietary theobromine intake and low cognitive performance in older adults in the United States: AA cross-sectional study based on the National Health and Nutrition Examination Survey. Online. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2023, vol. 32, č. 1, s. 120-132. ISSN 09647058. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/2802086689/AAB0DCC437FB4918PQ/11?accountid=15518&sourcetype=Scholarly%20Journals>. [cit. 2024-12-30]

LU, Yao; DENG, Bin; XU, Luhua et al. Effects of Rhodiola Rosea Supplementation on Exercise and Sport: AA Systematic Review. Online. *Frontiers in Nutrition*. 2022, vol. 9. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9021834/>. [cit. 2025-02-02]

LUTSCH, Daniel J; CAMIC, Clayton L; et al. Effects of aa Multi-Ingredient Preworkout Supplement Versus Caffeine on Energy Expenditure and Feelings of Fatigue during Low-Intensity Treadmill Exercise in College-Aged Males. Online. *Sports (Basel)*. 2020, vol. 8, č. 10, s. 132. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7600984/>. [cit. 2025-01-31]

MANCUSO, Cesare and SANTAAGELO, Rosaria. Panax ginseng and Panax quinquefolius: From pharmacology to toxicology. *Food Chemical Toxicology*. 2017, vol. 107, s. 362-372. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7116968/>. [cit. 2025-05-13]

MARCINEK, Kinga; LUZAK, Boguslawa and ROZALSKI, Marcin. The Effects of Caffeine on Blood Platelets and the Cardiovascular System through Adenosine Receptors. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024, vol. 25, č. 16, s. 8905. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11354695/>. [cit. 2025-01-31]

MASI, Francesca; CHIANESE, Giuseppina; et al. Phytochemical profile and anti-inflammatory activity of aa commercially available Rhodiola rosea root extract. Online. *Fitoterapia*. 2023, vol. 166. ISSN 0367-326. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X2300014X>. [cit. 2025-01-09]

MCLELLAN, Tom M.; CALDWELL, John A.; LIEBERMAN, Harris R. AA review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. Online. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2016, vol. 71, s. 294-312. ISSN 0149-7634. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763416300690?via%3Dihub>. [cit. 2024-12-30]

MEDICINE MAN CRAFTS. *Yerba Mate Tea*. Online, obrázek. In: Medicinemancrafts.com. © 2025. Dostupné z: <https://medicinemancrafts.com/products/yerba-mate-tea>. [cit. 2025-01-02]

MIHAIESCU, Tania; TURTI, Sabina, et al. et al., Caffeine and Taurine from Energy Drinks—AA Review. Online. *Cosmetics*. 2024, vol. 11, č. 1. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-9284/11/1/12>. [cit. 2025-03-26]

MIKULSKA, Paulina; MALINOWSKA, Marta; IGNACYK, Miłosz; et al. Ashwagandha (*Withania somnifera*)—Current Research on the Health-Promoting Activities: AA Narrative Review. Online. *Pharmaceutics*. 2023, vol. 15, č. 4. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10147008/>. [cit. 2024-12-31]

MITCHELL, E. S.; SLETTENAAR, M. et al. Differential contributions of theobromine and caffeine on mood, psychomotor performance and blood pressure. Online. *Physiology & Behavior*. 2011, vol. 104, č. 5, s. 816-822. ISSN 0031-9384. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031938411003799?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-10]

NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR aa Ústav zdravotnických informací aa statistiky ČR, 2025. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. [cit. 2025-03-13]

NATIMA. *Swanson Cayenne, Kajenský pepř, 450 mg, 40 000 HU, 300 kapslí*. Online. In: Natima, © 2025. Dostupné z: <https://www.natima.cz/swanson-cayenne--kajensky-pepr--450-mg--300-kapsli/>. [cit. 2025-04-05]

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Adenosine*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupnost z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Adenosine>. [cit. 2025-03-13]

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Caffeine*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupnost z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Caffeine>. [cit. 2025-03-13]

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Capsaicin*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupnost z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Capsaicin#section=GC-MS>. [cit. 2025-04-27]

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Levocarnitine*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupnost z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10917>. [cit. 2025-03-31]

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Taurin*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupnost z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1123>. [cit. 2025-03-28]

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Theanine*. Online, obrázek. In: National Library of Medicine, PubChem. 2025. Dostupnost z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/439378>. [cit. 2025-03-28]

NAVES, E. Rezende; DE ÁVILA SILVA, Lucas; SULPICE, Ronan et al. Capsaicinoids: Pungency beyond Capsicum. Online. *Trends in Plant Science*. 2019, vol. 24, č. 2. s. 109-

120. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138518302619>. [cit. 2024-12-31]

NURMINEN, M-L; NIITTYNEN, L; KORPELA R and VAPAATALO, H. Coffee, caffeine and blood pressure: a critical review. Online. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1999, vol. 53, s. 831-839. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/1600899>. [cit. 2025-03-20]

OLIVEIRA, A. L. Leandrini; MINUZ, P. Magno et al. Chemical composition of guarana flowers and nectar and their ecological significance. Online. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2024, vol. 112. ISSN 0305-1978. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305197823001862>. [cit. 2025-02-03]

OLIYNYK, Sergiy and OH, Seikwan. Actoprotective effect of ginseng: improving mental and physical performance. Online. *Journal of ginseng research*. 2013, vol. 37, č. 2, s. 144-166. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3659633/>. [cit. 2025-02-03]

OPPLIGER, Peter. *Nová kniha o zeleném čaji*. Romana BARFUSSOVÁ (překladatel). Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-7205-758-8. [cit. 2025-01-31]

PANOSSIAN, A. and WAGNER, H. Stimulating Effect of Adaptogens: An Overview with Particular Reference to their Efficacy following Single Dose Administration. Online. *Phytoterapy Research*. 2005, vol. 19, s. 819-838. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ptr.1751?saml_referrer. [cit. 2025-02-02]

PANOSSIAN, Alexander and WIKMAN, Georg. Effects of Adaptogens on the Central Nervous System and the Molecular Mechanisms Associated with Their Stress - Protective Activity. Online. *Pharmaceuticals*. 2010, vol. 3, č. 1, s. 188-224. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3991026/>. [cit. 2025-02-02]

PATEL, Apurva; SONI, Anjali; SIDDIQI, J. Nikhat and SHARMA, Preeti. An insight into the anticancer mechanism of Tribulus terrestris extracts on human breast cancer cells. Online. *Biotech*. 2019, vol. 9, č. 58. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-019-1585-z#citeas>. [cit. 2025-04-02]

PEACOCK, Amy; MARTIN, H. Frances and CARR. Energy drink ingredients. Contribution of caffeine and taurine to performance outcomes. Online. *Appetite*. 2013, vol. 64, s. 1-4.

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195666313000044>. [cit. 2025-03-31]

PEDRO, C. Alessandra; MACIEL, M. Giselle; et al. Fundamental and applied aspects of catechins from different sources: aa review. *International Journal of Food Science + Technology*. 2020, vol. 55, č. 2, s. 429-442. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ijfst/article/55/2/429/7806048?login=false>. [cit. 2025-04-18]

PEERAPEN, Paleerath and THONGBOONKERD, Visith. Caffeine in Kidney Stone Disease: Risk or Benefit? *Advances in Nutrition*. 2018, vol. 9, č. 4, s. 419-524. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S216183132201239X>. [cit. 2025-04-18]

PEÑUELA, Mauricio; ARIAS, L. Leidy; VIÁFARA-VEGA, Ronald; FRANCO, R. Nelson and CÁRDENAS, Heiber. Morphological and molecular description of three commercial Capsicum varieties: aa look at the correlation of traits and genetic distancing. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2021, vol. 68, s. 261-277. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-020-00983-8>. [cit. 2025-04-28]

PEÑUELA, Mauricio; ARIAS, L. Leidy; VIÁFARA-VEGA, Ronald; FRANCO, R. Nelson and CÁRDENAS, Heiber. *Fig. 1*. Online, obrázek. In: Morphological and molecular description of three commercial Capsicum varieties: aa look at the correlation of traits and genetic distancing. 2021. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-020-00983-8#Fig1>. [cit. 2025-04-28]

PIAO, Xiangmin; ZHANG, Hao; KANG, J. Pyo; et al. Advances in Saponin Diversity of Panax ginseng. Online. *Molecules*. 2020, vol. 25, č. 15. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7435442/#sec1-molecules-25-03452>. [cit. 2024-12-31]

PÖSSL, Martin. *Čaj jako životní styl*. Online. Praha: Grada Publishing, a. s. 2010. ISBN 978-80-247-7820-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/caj-jako-zivotni-styl-2196867/>. [paywall]. [cit. 2025-01-31]

PÖSSL, Martin. *Káva jako životní styl*. Online. Vydání 1. Praha: Grada Publishing, a. s., 2010. ISBN: 978-80-247-7971-3. Dostupné z: Bookport, <https://www.bookport.cz/e-kniha/kava-jako-zivotni-styl-2129001/>. [paywall]. [cit. 2025-01-02]

QIAN, Jingjing; CHEN, Qi; WARD, M. Sean; et al. Impacts of Caffeine during Pregnancy. Online. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2020, vol. 31, č. 3, s. 218-227. Dostupné

z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043276019302267>. [cit. 2025-03-23]

RADAD, Khaled; MOLDZIO, Rudolf and RAUSCH, Wolf-Dieter. Ginsenosides and Their CNS Targets. Online. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 2011. vol. 17, č. 6, s. 761-768. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1755-5949.2010.00208.x?saml_referrer. [cit. 2025-02-02]

RADHAKRISHMA, G. Katta; AMMUNJE, D. Nayak; et al. AA Comprehensive Review of Capsaicin and Its Role in Cancer Prevention and Treatment. Online. *Drug Research*. 2024, vol. 74, č. 5, s. 195-207. Dostupné z: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/a-2309-5581#N10CC2>. [cit. 2025-02-04]

REDDY, Vundrala S.; SHIVA S.; MANIKANTAN S.; RAMAKRISHMA S. Pharmacology of caffeine and its effects on the human body. Online. *European Journal of Medicinal Chemistry Reports*. 2024, vol. 10. ISSN 2772-4174. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772417424000104>. [cit. 2024-12-30]

REYES-ESCOGIDO, Maria de Lourdes; GONZALEZ-MONDRAGON, Edith G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, Erika. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. Online. *Molecules*. 2011, vol. 16, č. 2, s. 1253-1270. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6259610/>. [cit. 2024-12-30]

ROHWEDER, Ricardo; OLIVEIRA SCHMALFUSS, Thanyse; SANTOS BORNIGER, Diessy; et al. Caffeine intake during pregnancy and adverse outcomes: An integrative review. Online. *Reproductive Toxikology*. 2024, vol. 128. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890623823001922>. [cit. 2025-03-23]

ROLLYSON, D. William; STOVER, A. Cody; BROWN, C. Kathleen; et al. Bioavailability of capsaicin and its implications for drug delivery. Online. *Journal of Controlled Release*. 2014, vol. 196, s. 96-105. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168365914006701#bb0125>. [cit. 2025-04-04]

RUIZ-MORENO, Carlos; LARA, Beatriz; et al. Time course of tolerance to adverse effects associated with the ingestion of aa moderate dose of caffeine. Online. *European Journal of Nutrition*. 2020, vol. 59, s. 3293-3302. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00394-019-02167-2#ref-CR10>. [cit. 2025-03-18]

RYBNIKÁŘ, Michal; ŠMEJKAL, Karel aa ŽEMLIČKA, Milan. Schisandra čínská aa její využití ve fytotherapii. Online. *Česká aa slovenská farmacie*. 2019, vol. 68, s. 95-118. Dostupné z: <https://csfarmacie.cz/pdfs/csf/2019/03/02.pdf>. [cit. 2025-01-06]

SAEED, Mihammad; MUNAWAR, Mahzaib; et al. Promising phytopharmacology, nutritional potential, health benefits, and traditional usage of *Tribulus terrestris* L. herb. Online. *Heliyon*. 2024, vol. 10, č. 4. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10875386/>. [cit. 2025-05-01]

ŞANLIER, Nevin; IRMAK, Esra; EJDER, Zeynep Bengisu. The Relationship Between Capsaicin in Chili Pepper and Cancer: AA Comprehensive Insight. Online. *Clinical and Experimental Health Sciences*. 2024, vol. 14, č. 1, s. 273-282. ISSN: 2459-1459. Dostupné z: <https://dergipark.org.tr/en/pub/clinexphealthsci/issue/82986/1218885>. [cit. 2024-12-30]

SATHYA, Sethuraman; ZHANG, Jiarui; FENG, Huafang, et al. et al., Comparison of chemical components and quality evaluation of *Panax ginseng* and its processed products from different habitats in Northeastern China. Online. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2024, vol. 61. ISSN 1878-8181. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818124003591>. [cit. 2025-03-31]

SELLAMI M.; SLIMENI O.; POKRYWKA A.; KUVAČIĆ G.; HAYES Lawrence D. et al., Herbal medicine for sports: aa review. Online. *Journal Of The International Society Of Sports Nutrition*, 2022, vol. 15, č. 1, s. 14-15. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29568244/>. [cit. 2024-12-30]

SEMENA ONLINE. CZ. *Kotvičnik zemní - Tribulus terrestris - prodej semen - 7 ks*. Online, obrázek. In: *Semena online. cz*. © 2010 – 2025. Dostupné z: <https://www.semenaonline.cz/kotvicnik-zemni-tribulus-terrestris-prodej-semen-7-ks>. [cit. 2025-02-06]

SEMERDJIEVA, B. Ivanka and ZHELJAZKOV, D. Valtcho. Chemical Constituents, Biological Properties, and Uses of *Tribulus terrestris*: AA Review. Online. *Natural Product Communications*. 2019, vol. 14, č. 8. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1934578X19868394#sec-3>. [cit. 2025-02-06]

SHARMA, Surinder Kumar; VIJ, A. Singh; SHARMA, Mohit. Mechanisms and clinical uses of capsaicin. Online. *European Journal of Pharmacology*. 2013, vol. 720, č. 1-3, s. 55-62. ISSN 0014-2999. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014299913008200?via%3Dihub>.
[cit. 2024-12-30]

SHAVEZ BEG, Mohd; AHMAD, Sameer; JAN, Kulsum and BASHIR, Khalid. Status, supply chain and processing of cocoa - AA review. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 2017, vol. 66, s. 108-116. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224416301868>. [cit. 2025-03-14]

SCHUSTER, Julius and MITCHELL, S. Ellen. More than just caffeine: psychopharmacology of methylxanthine interactions with plant-derived phytochemicals. Online. *Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry*. 2019, vol. 89, s. 263-274. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278584618301726?via%3Dihub>. [cit. 2025-03-28]

SIDANA, Jasmeen; SINGH, Bikram and SHARMA, P. Om. Saponins of Agave: Chemistry and bioactivity. Online. *Phytochemistry*. 2016, vol. 130, s. 22-46. ISSN 0031-9422. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942216301261?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-06]

SOÓS, Rita; GYEBROVSZKI, Ádám; TÓTH, Ákos; et al. Effects of Caffeine and Caffeinated Beverages in Children, Adolescents and Young Adults: Short Review. Online. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021, vol. 18, č. 23. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/23/12389>. [cit. 2025-03-25]

SPARG, S. G.; LIGHT, M. E. and STADEN, J. Biological activities and distribution of plant saponins. Online *Journal of Ethnopharmacology*. 2004, vol. 94, č. 2-3, s. 219-243. ISSN 0378-8741. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874104002557?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-06]

SPELLER, Gene A. *Caffeine*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, ©1998. ISBN 9781420050134. Dostupné také z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://doi.org/10.1201/9780429126789>. [cit. 2025-01-02]

SPOLEČNOST PRO VÝŽIVU. *Energetické nápoje jako problém veřejného zdraví*. Online. In: Informační centrum bezpečnosti potravin. 19. 02. 2025. Dostupné z:

<https://bezpecnostpotravin.cz/energeticke-napojje-jako-problem-verejneho-zdravi/>. [cit. 2025-04-28]

STOHS, Sidney J. and BADMAEV, Vladimir, 2016. AA Review of Natural Stimulant and Non-stimulant Thermogenic Agents. Online. *Phytotherapy Research*. vol. 30, č. 5, s. 732-740. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26856274/> . [cit. 2024-12-30]

SURESH, D. and SRINIVASAN, K. Tissue distribution & elimination of capsaicin, piperine & curcumin following oral intake in rats. Online. *Indian Journal of Medical Research*. 2010, vol. 131, č. 5, s. 682-691. Dostupné z: https://journals.lww.com/ijmr/abstract/2010/31050/tissue_distribution_elimination_of_capsaicin,.15.aspx. [cit. 2025-04-04]

SZPI. *Právní předpisy vztahující se ke doplňkům stravy a obecné informace o doplňcích stravy*. Online. In: Státní zemědělská a potravinová inspekce. 10. 09. 2019. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/zakladni-prehled-pravnich-predpisu.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D>. [cit. 2025-03-13]

SZÚ. *NAUTA 2023: Přibývá mladých kuřáků elektronických cigaret, polovina Čechů mezi 15-24 lety užívá nikotin*. Online. In: Státní Zdravotní Ústav. 28. 5. 2024. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/tiskove-zpravy/nauta-2023-pribyva-mladych-kuraku-elektronickych-cigaret-polovina-cechu-mezi-15-24-lety-uziva-nikotin/#:~:text=V%20roce%202023%20u%C5%BE%C3%ADvala%20v%20%C4%8CR%20jedna%20t%C5%99etina,15%E2%80%9324%20let%20je%20pak%20tento%20%C3%BA%20pom%C4%9Brn%C4%9B%20alarmuj%C3%ADc%C3%AD>. [cit. 2024-12-30]

ŠVÁBOVÁ, Lenka. *Fakta o tabaku nikotinu kampan SZU 2023*. Online. In: Státní zdravotní Ústav. 4. 4. 2023. Dostupné z: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/04/Fakta_o_tabaku_nikotinu_kampan_SZU_2023.pdf. [cit. 2024-12-30]

TAVARES, Cristiane and SAKATA, K. Rioko. Caffeine in the Treatment of Pain. Online. *Brazilian Journal of Anesthesiology*. 2012, vol. 62, č. 3, s. 387-401. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034709412701393?via%3Dihub>. [cit. 2025-03-18]

TEWKSBURY, Joshua J.; MANCHEGO, Carlos et al. Where did the Chili Get its Spice? Biogeography of Capsaicinoid Production in Ancestral Wild Chili Species. Online. *Journal*

of *Chemical Ecology*. 2006, vol. 32, s. 547-564. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-005-9017-4#Sec4>. [cit. 2025-02-10]

TODOROVA, Velislava; IVANOV, Kalin; et al. Plant Adaptogens—History and Future Perspectives. Online. *Nutrients*. 2021, vol. 13, č. 8. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2072-6643/13/8/2861?utm_campaign=CHD_viultra-review. [cit. 2025-03-31]

TORRES, A. F. S. Elizabeth; C. PINAFFI-LANGLEY, Ana Clara et al. Effects of the consumption of guarana on human health: AA narrative review. Online. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2021, s. 272-295. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12862>. [cit. 2025-02-03]

TREFILÍKOVÁ, Ivana. *Tukové buňky*. Online, obrázek. In: SlideServe. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/faunus/tukov-bu-ky>. [cit. 2025-03-27]

TUENTER, Emmy; SAKAVITSI, E. Maria; RIVERA-MONDRAGÓN, Andrés; et al. Ruby chocolate: AA study of its phytochemical composition and quantitative comparison with dark, milk and white chocolate. *Food Chemistry*. 2021, vol. 343. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620323086?via%3Dihub>. [cit. 2025-04-27]

TÜRKÖZÜ, Duygu and TEK N. Acar. AA minireview of effects of green tea on energy expenditure. Online. *Food Science and Nutrition*. 2017, vol. 57, č. 2, s. 254-258. ISSN: 1549-7852. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.986672>. [cit. 2025-02-03]

TURNBULL, Duncan; RODRICKS, V. Joseph; MARIANO, F. Gregory and CHOWDHURY, Farah. Caffeine and cardiovascular health. Online. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2017, vol. 89, s. 165-185. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273230017302210#bib304>. [cit. 2025-03-19]

TURNER, Sophie; ALI, Ajmol; WHAM, Carol and RUTHERFURD-MARKWICK, Kay. Secondary School Students and Caffeine: Consumption Habits, Motivations, and Experiences. Online. *Nutrients*, 2023, vol. 15, č. 4. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9965339/>. [cit. 2025-03-25]

VELAYUTHAM, Pon; BABU, Anandh and LIU, Dongmin. Green Tea Catechins and Cardiovascular Health: An Update. Online. *Current medicinal chemistry*. 2008, vol. 15, č.

18, s. 1840-1850. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2748751/>. [cit. 2025-01-31]

VESELÝ, Karel. *Toxicita metylxantinů – intoxikace psů a koček čokoládou*. Online. In: Vetweb.cz. 06. 12. 2001. Dostupné z: <https://vetweb.cz/toxicita-metyl-xantinu-intoxikace-psu-a-kocek-cokoladou/>. [cit. 2025-04-23]

VETTER, L. Victoria and NAIM, Y. Maryam. Cardiovascular Toxicity of Energy Drinks in Youth: AA Call for Regulation. Online. *The Journal of Pediatrics*. 2024, vol. 275. Dostupné z: [https://www.jpeds.com/article/S0022-3476\(24\)00327-5/fulltext](https://www.jpeds.com/article/S0022-3476(24)00327-5/fulltext). [cit. 2025-03-25]

VIANA, Carine; ZEMOLIN, Gabriela M.; MÜLLER, Larissa S.; DAL MOLIN, Thaís R.; SEIFFERT, Helena et al., Liquid chromatographic determination of caffeine and adrenergic stimulants in food supplements sold in Brazilian e-commerce for weight loss and physical fitness. Online. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2015 vol. 33, č. 1, s. 1-9. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19440049.2015.1112040>. [cit. 2024-12-30]

VITAR. Guarana: semena s vysokým obsahem kofeinu. Online, obrázek. In: vitar. cz. 2022. Dostupné z: <https://www.vitar.cz/clanky/guarana-semena-s-vysokym-obsahem-kofeinu>. [cit. 2025-02-03]

WANKHEDE, Sachin; LANGADE, Deepak et al. Examining the effect of *Withania somnifera* supplementation on muscle strength and recovery: aa randomized controlled trial. Online. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015, vol. 12. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4658772/#Sec1>. [cit. 2025-02-02]

WESTERTERP-PLANTENGA, S. Margriet; SMEETS, A. and LEJEUNE, M. P. G. Sensory and gastrointestinal satiety effects of capsaicin on food intake. Online. *International Journal of Obesity*. 2004, vol. 29, s. 682-688. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/0802862>. [cit. 2025-04-03]

WICKHAM, Kate, A. and LAWRENCE, L. Spriet. Administration of Caffeine in Alternate Forms. Online. *Sports Medicine*. 2018, vol. 48, s. 79-91. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-017-0848-2>. [cit. 2025-01-31]

WICKRAMASURIYA, M. Anushka and DUNWELL, M. Jim. Cacao biotechnology: current status and future prospects. Online. *Plant Biotechnol J*. 2017, vol. 16, č. 1, s. 4-17. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5785363/>. [cit. 2025-03-14]

WINDSOR, C. Regina. *L-Theanine Benefits and Side Effects*. Online. In: verywellhealth. 20. 02. 2025. Dostupné z: <https://www.verywellhealth.com/l-theanine-everything-you-need-to-know-7503944>. [cit. 2025-04-18]

XIANG, Ng Qin; LOKE, Wayren; FOO, N. Xinhui; et al. AA systematic review of the clinical use of *Withania somnifera* (Ashwagandha) to ameliorate cognitive dysfunction. Online. *Phytotherapy Research*. 2019, vol. 34, č. 3, s. 583-590. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ptr.6552>. [cit. 2024-12-31]

YIN, Liang; WANG, Xiaohui and SONG, Liang-Nian. Effects of *Tribulus terrestris* saponins on exercise performance in overtraining rats and the underlying mechanisms. Online. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2016, vol. 94, č. 11, s. 1193-1201. Dostupné z: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjpp-2016-0086>. [cit. 2025-04-01]

YOTO, Ai; MOTOKI, Mao; MURAO, Sato and YOKOGOSHI, Hidehiko. Effects of L-theanine or caffeine intake on changes in blood pressure under physical and psychological stresses. *Journal of Physiological Anthropology*. 2012, vol. 31, č. 28. Dostupné z: <https://jphysiolanthropol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1880-6805-31-28>. [cit. 2025-04-21]

ZÁBRANSKÝ, Tomáš. *Drogová epidemiologie*. Online. Olomouc: Univerzita Palackého, 2003. ISBN: 80-244-0709-4. Dostupné z: <file:///C:/Users/Zuzka/Documents/%C5%A0KOLA/Bakal%C3%A1%C5%99ka/drogov%C3%A1%20epidemiologie.pdf>. [cit. 2025-03-13]

ZAHRADNICTVÍ SPOMYŠL. *Klanopraška čínská*. Online, obrázek. In: Zahradnictví Spomyšl. © 2025. Dostupné z: https://www.zahradnictvi-spomysl.cz/klanopraska-cinska/?variantId=72720&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAm-67BhBlEiwAEVftNIXU7wZPx21Wmp2r-89QXHT_3ATkGliYawBiLkL33ZSbdcD0tYAtKxoC89MQAvD_BwE. [cit. 2025-01-06]

ZAHRADNICTVÍ SPOMYŠL. *Witanie snodárná*. Online, obrázek. In: Zahradnictví Spomyšl. © 2025. Dostupné z: <https://www.zahradnictvi-spomysl.cz/witanie-snodarna/>. [cit. 2025-02-02]

ZHANG, Hao; ABID, Suleman; AHN, J. Chan; et al. Characteristics of *Panax ginseng* Cultivars in Korea and China. Online. *Molecules*. 2020, vol. 25, č. 11. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7321059/>. [cit. 2024-12-31]

ZHANG, Jing; ZHAO, Wai-Rong; SHI, Wen-ing et al. Tribulus terrestris L. extract ameliorates atherosclerosis by inhibition of vascular smooth muscle cell proliferation in ApoE^{-/-} mice and A7r5 cells via suppression of Akt/MEK/ERK signaling. Online. *Journal of Ethnopharmacology*. 2022, vol. 297. ISSN 0378-8741. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874122005864>. [cit. 2024-12-31]

ZHANG, Mengjuan; ZHANG, Haifeng; JIA, Lu et al. Health benefits and mechanisms of theobromine. Online. *Journal of Functional Foods*. 2024, vol. 115. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464624001282>. [cit. 2024-12-30]

ZHANG, Shuang; LI, Hong and YANG, Shi-jie. Tribulosin protects rat hearts from ischemia/reperfusion injury. Online. *Acta Pharmacologica Sinica*. 2010, vol. 31, č. 6, s. 671-678. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4002968/#sec33>. [cit. 2025-04-02]

ZHANG, Yang; COCA, Aitor; et al. Caffeine and diuresis during rest and exercise: AA meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2016, vo. 18, č. 5, s. 569-574. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4725310/>. [cit. 2025-04-18]

ZHAO, Tiantian; LI, Chao; WANG, Shuai and SONG, Xinqiang. Green Tea (*Camellia sinensis*): AA Review of Its Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. Online. *Molecules*. 2022, vol. 27, č. 12, s. 3909. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9231383/>. [cit. 2025-02-01]

ZHOU, Ang and HYPPÖNEN, Elina. Long-term coffee consumption, caffeine metabolism genetics, and risk of cardiovascular disease: aa prospective analysis of up to 347,077 individuals and 8368 cases. Online. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2019, vol. 109, č. 3, s. 509-516. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522031355?via%3Dihub>. [cit. 2025-03-19]

ZHU, Wenyi; DU, Yijie; MENG, Hong; DONG, Yinmao and LI, Li. AA review of traditional pharmacological uses, phytochemistry, and pharmacological activities of *Tribulus terrestris*. Online. *Chemistry Central Journal*. 2017, vol. 11, č. 60. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5503856/>. [cit. 2025-02-10]

ZOUHAR, Petr. Bílá tuková tkáň: víc než jen skladiště. *Živa*. 2020, roč. 68, č. 4, s. 168-169. ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pd/pdf/bila-tukova-tkan-vic-nez-jen-skladiste.pdf>. [cit. 2025-03-27]

ZOUHAR, Petr. Hnědá tuková tkáň: tuk, který pálí tuk. *Živa*. 2020, roč. 68, č. 4, s. 89-90. ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/hneda-tukova-tkan-tuk-ktery-pali-tuk.pdf>. [cit. 2025-03-27]

ZULLI, Anthony; PARTRIDGE, M. Renee; KUBATKA, Peter and NOVÁK, Jan. *Caffeine and cardiovascular diseases: Critical review of current research*. Online, obrázek. European Journal of nutrition, 2016. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/296627459_Caffeine_and_cardiovascular_diseases_Critical_review_of_current_research. [cit. 2025-03-18]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Struktura kofeinu.....	15
Obrázek 2 Metabolismus kofeinu	17
Obrázek 3 Strukturní vzorec adenosinu.....	20
Obrázek 4 Navázání kofeinu na adenosinové receptory.....	21
Obrázek 5 Chemické struktury katechinů izolovaných z čaje.....	28
Obrázek 6 Taurin	30
Obrázek 7 L-theanin	32
Obrázek 8 Chemická struktura L-karnitinu	32
Obrázek 9 Plody kávovníku.....	35
Obrázek 10 Biosyntéza kofeinu	36
Obrázek 11 Čajovník čínský.....	36
Obrázek 12 Cesmína paraguajská.....	37
Obrázek 13 Sušený kola ořech.....	38
Obrázek 14 Guarana (<i>Paullinia cupana</i>).....	39
Obrázek 15 Struktura theobrominu.....	41
Obrázek 16 Vliv doby pražení a teploty na obsah theobrominu.....	43
Obrázek 17 Hnědá tuková tkáň (1), bílá tuková tkáň (2).....	44
Obrázek 18 Chemické struktury adaptogenů.....	49
Obrázek 19 Rozchodnice růžová	50
Obrázek 20 Klanopraška čínská	51
Obrázek 21 Ashwagandha	52
Obrázek 22 Ženšen pravý	53
Obrázek 23 Aglykonové skelety (A) steroidního spirostanu a (B) steroidního furostanu...	55
Obrázek 24 Kotvičník zemní (<i>T. terrestris</i>).....	56
Obrázek 25 Struktura kapsaicinu	60
Obrázek 26 Nejznámější poddruhy chilli papriček.....	63

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Obsah kofeinu v různých druzích nápojů	34
Tabulka 2 Obsah theobrominu v kakaových součástech	46
Tabulka 3 Obsah theobrominu v čokoládách.....	47
Tabulka 4 Srovnání pálivosti papriček, potravin, látek	64

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A1, A2A	Adenosinový receptor 1 nebo 2A
ADHD	Attention deficit hyperactivity disorder (porucha pozornosti s hyperaktivitou)
AMP	Adenosinmonofosfát
AST	Aspartátaminotransferáza
ATP	Adenosintrifosfát
Bcl-2	B-cell lymphoma-2 (anti-apoptotický protein z rodiny BCL)
cAMP	Cyclic adenosine monophosphate (cyklický adenosinmonofosfát)
cGMP	Cyklický guanosinmonofosfát
CK	Kreatinkináza
CNS	Centrální nervová soustava
CYP1A2	Cytochrom P450, rodina 1, podrodina A, člen 2
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
ER-pozitivní	Estrogen-pozitivní
HJ-1-3	2-methoxy-4-(nonanamidomethyl)fenyl-1-O-β-D-acetylaktosid
HJ-1-4	2-methoxy-4-(nonanamidomethyl)fenyl-1-O-β-D-laktosid
HJ-1-6	2-methoxy-4-(nonanamidomethyl)fenyl-1-ethoxy-O-β-D-laktosid
LD ₅₀	Letální dávka, která způsobí smrt v 50 % testovaných případů
LDH	Laktátdehydrogenáza
LSD	Lysergic acid diethylamide (dietylamid kyseliny lysergové)
MDA	Malondialdehyd
NO	Oxid dusnatý
PPAR _γ	Peroxisome Proliferator Activated Receptor (receptory aktivované peroxisomovým proliferátorem gama)
SAH	S-adenosyl-L-homocystein
SAM	S-adenosyl methionin

SHU	Scoville Heat Units (Scovilleové jednotky pálivosti)
SOD	Superoxiddismutáza
TRPV1	Transient receptor potential vanilloid 1 (vaniloidní receptor typu 1)
UCP1	Uncoupling protein (unikátní odpráhovací protein 1)
VO ₂ max	Maximální množství kyslíku, které tělo dokáže použít během aktivity