

ZDRAVOTNÍ RIZIKA ENERGETICKÝCH NÁPOJŮ HEALTH RISKS OF ENERGY DRINKS

Martina Bromová, Andrea Dalihodová, Petra Holinková, Iva Lichtenbergová, Marie Maxová, Nawa Mubiana, Petra Nováková, Kateřina Podlenová, Lucie Růžičková, Lucie Vinklerová, Zbyněk Vít, Jiří Patočka

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, katedra radiologie a toxikologie

Vol. 4, no. 2, 205–224

Summary

Energy drinks are soft drinks advertised as boosting energy. Energy drinks usually do not emphasize energy derived from the calories they contain, but rather through a choice of caffeine, taurine, carnitine, vitamins, and different herbal supplements the manufacturer has combined. The central ingredient in most energy drinks is caffeine, the same stimulant found in coffee or tea. Most of these drinks contain between 70 and 200 mg of caffeine, which stimulates the central nervous system giving the body a sense of alertness. It can raise heart rate and blood pressure while dehydrating the body. A lot of people experience side effects above 200 mg, which include sleeplessness, heart palpitations, and headaches. Other common ingredients are for example taurine, L-carnitine, glucuronolactone, vitamins, and various forms of natural anti-oxidants in the form of herbal extracts as guarana, ginseng or Ginkgo biloba. Taurine is an amino acid that helps regulate heartbeat, muscle contractions, and energy levels. Creatine helps with supplying energy to the muscles and is usually found in energy drinks and products that are marketed to body builders. Glucuronolactone occurs naturally in all connective tissue and it is added to energy drinks because it is believed to help with glycogen depletion, freeing hormones and other chemicals, and aids in detoxification. L-carnitine, quaternary ammonium compound biosynthesized from the amino acids lysine and methionine is required for the transport of fatty acids from the cytosol into the mitochondria during the breakdown of lipids for the generation of metabolic energy. Rare side effects of L-carnitine include nausea, vomiting, abdominal pain, and diarrhea. B-vitamins are essentially the things that help convert food to energy, like sugar which is found in abundance in energy drinks. Energy drinks contain a lot of sugar, for example glucose which is the body's preferred fuel. However, too much sugar intake has been linked to diabetes. Ginseng, an adaptogenic herb, is known to increase energy, has some anti-fatigue components, supposedly relieves stress, and increases memory. A variety of physiological and psychological effects have been attributed to energy drinks and their ingredients. Some studies reported significant improvements in mental and cognitive performance as well as increased subjective alertness. Excess consumption of these drinks may induce euphoria caused by stimulant properties of caffeine. Caffeine also induces agitation, anxiety, irritability, and insomnia.

Key words: energy drink – nutrition – risk – toxicology – caffeine – taurine – L-carnitine

Souhrn

Energetické nápoje jsou nealkoholické nápoje, které stimulují organismus a odstraňují únavu. Tyto nápoje obvykle nemají dodávat energii díky kalorické hodnotě živin, které obsahují, ale díky kombinovanému účinku kofeinu, taurinu, karnitinu, vitaminů a dalších rostlinných složek. Ústřední složkou ve většině energetických nápojů je kofein, stejný stimulant, jaký nacházíme

v kávě nebo čaji. Většina z těchto nápojů obsahuje 70 až 200 mg kofeinu, který stimuluje CNS a dává tělu pocit čilosti. To může zvýšit srdeční frekvenci a krevní tlak za současné dehydratace organismu. Většina lidí pozoruje nežádoucí účinky kofeinu u dávek vyšších než 200 mg, mezi které patří nespavost, bušení srdce a bolesti hlavy. Dalšími přísadami jsou např. taurin, L-karnitin, inozitol, glukuronolakton, vitaminy a různé formy přírodních antioxidantů ve formě bylinných extraktů, jako jsou guarana, ženšen nebo ginkgo biloba. Taurin je aminokyselina, která ovlivňuje přenos nervových vzruchů a má schopnost pronikat z krevního oběhu do mozku. Působí antioxidantně a dokáže odstraňovat některé těžké kovy. Je výchozí látkou pro syntézu žlučových kyselin. V kombinaci s kofeinem a cukrem stimuluje svalové kontrakce.

Kreatin vytváří kreatinfosfát, který obnovuje ve svalech hladinu ATP a tím umožňuje zvyšovat jejich energetický výkon – proto je součástí energetických nápojů. Glukuronolakton se přirozeně vyskytuje ve všech pojivových tkáních a do energetických nápojů se přidává proto, že snad napomáhá štěpení glykogenu uvolňováním hormonů a dalších chemických látek a pomáhá při detoxikaci. L-karnitin, kvartérní amoniová sloučenina, jejíž biosyntéza probíhá z aminokyselin lyzinu a methioninu, je nezbytná pro transport mastných kyselin z cytosolu do mitochondrií při odbourávání lipidů pro tvorbu metabolické energie. Mezi nepříliš časté nežádoucí účinky L-karnitinu patří nevolnost, zvracení, bolesti břicha a průjem. B-vitaminy jsou látky, které pomáhají při konverzi potravin na energii, jako např. cukr, který se nachází v energetických nápojích ve značném množství. Energetické nápoje obsahují velké množství cukru, např. glukózy, která je pro organismus preferovaným zdrojem energie. Avšak příjem velkého množství cukru je spojován s diabetem. Ženšen, adaptogenní bylina, o níž je známo, že zvyšuje energii, obsahuje některé protiúnavové látky, které údajně zmírňují stres a zlepšují paměť. Energetickým nápojům a jejich komponentám jsou přičítány četné fyziologické a psychologické účinky. Některé studie ukazují významné zlepšení duševních a kognitivních výkonů, stejně jako zvýšení subjektivní bdělosti. Nadměrná spotřeba těchto nápojů může vyvolat euforii způsobenou stimulačními vlastnostmi kofeinu. Kofein také vyvolává neklid, úzkost, podrážděnost a nespavost.

Klíčová slova: energetické nápoje – nutriční riziko – toxikologie – kofein – taurin – L-karnitin

ÚVOD

Energetické nápoje byly vytvořeny jako doplněk stravy, pomáhající překonat občasnou únavu a povzbudit v krizové situaci. Obsahují totiž chemické substance, které se v ostatních nápojích většinou nevyskytují (53). Reklamy na tyto nápoje slibují, že v člověku vzbudí energii, vybičují jej k lepším výkonům, a dokonce mu dají i křídla. Snad právě proto popularita energetických nápojů neustále roste, stejně jako počet jejich druhů (obr. 1). V roce 2006 vydělaly svým výrobcům 3,5 miliardy dolarů, o rok později již 4,7 miliardy a v současné době je tato částka odhadována na více než 10 miliard dolarů.

Energetické nápoje, které byly původně vytvořeny pro vrcholové sportovce a rekonvalescenty, se stávají předmětem běžné konzumace

velké části populace a většina lidí je v podstatě vnímá jako kterýkoliv jiný nápoj (117). V tomto přesvědčení je utvrzují i sami výrobci těchto nápojů, kteří zdůrazňují pouze jejich pozitiva. Naproti tomu lékaři zdůrazňují, že energetické nápoje se nehodí k časté a pravidelné konzumaci, že pro některé skupiny obyvatelstva jsou nevhodné až nebezpečné a mohou vážně poškodit zdraví (22, 66, 101, 112). Mezi laickou veřejností kolují o prospěšnosti či naopak nebezpečnosti energetických nápojů značně rozporné informace. Tento souhrnný článek si klade za cíl seznámit čtenáře s definicí energetického nápoje, jeho složením, stručnou toxikologickou charakteristikou významných složek nápoje a posoudit zdravotní rizika plynoucí z jeho nadměrné konzumace.



Obr. 1. Výběr energetických nápojů je velmi pestrý a jejich prodej rok od roku roste. To těší jejich výrobce, nikoliv však zdravotníky.

Definice energetického nápoje

Energetické nápoje jsou již na trhu delší dobu, ale teprve v současné době se vedou jednání, která by definovala, co je a co není energetický nápoj. V rámci Evropské unie (EU) jsou v tomto směru iniciativní zejména Německo a Španělsko. Německo navrhuje předpis, který by měl v EU regulovat energetické nápoje prostřednictvím legislativy o ovocných šťávách. V tomto návrhu je poprvé definován **energetický nápoj jako nápoj obsahující kofein a alespoň jednu z dalších složek: taurin, inozitol a glukuronolakton**. Kromě limitu pro kofein (320 mg/l) je stanoven i limit pro taurin (4 000 mg/l), pro inozitol (200 mg/l) a pro glukuronolakton (2 400 mg/l). Dalším požadavkem je, že energetický nápoj nesmí na rozdíl od časté dosavadní reality obsahovat alkohol. Rovněž se stanovuje povinnost uvádět varování, že energetický nápoj nemá být kombinován s alkoholem ani s fyzickým cvičením (7). Varování před kombinací s alkoholem je dosud uváděno jen na dobrovolné bázi.

Nové návrhy bezpochyby rozproudí diskusi na téma bezpečnosti energetických nápojů. Dosud byly občasně dotazy na bezpečnost

odbyvány poukazem na stanoviska agentury EFSA (European Food Safety Authority) k jednotlivým obsaženým složkám (134).

Toxikologicky významné či jinak rizikové komponenty energetických nápojů

Energetické nápoje obsahují řadu chemických látek, jejichž konzumace nemusí být vždy bezpečná a pro konzumenta jednoznačně užitečná. Z těch nejvýznamnějších to jsou zejména kofein, taurin, inozitol, karnitin a glukuronolakton. V určitých situacích mohou být rizikovými látkami také cukry či umělá sladidla, barviva a konzervanty a některé rostlinné extrakty.

Kofein

Kofein, CAS Registry number 58-08-2 (3,7-dihydro-1,3,7-trimethyl-1H-purine-2,6-dion), je purinový alkaloid, který nemůže chybět v žádném energetickém nápoji. Je totiž hlavním nositelem povzbudivých účinků energetických nápojů¹. Tím, že stimuluje centrální nervový systém (CNS) a srdeční činnost, zvyšuje duševní a fyzický výkon člověka (137). Kofein je purinový alkaloid – trimetylderivát

xantinu, který je přítomen v různých rostlinách, jako jsou kávové nebo kakaové boby, listy čajovníku, plody rostliny guarana a ořechy koly (150). Chemicky čistý kofein je pevná látka, nejčastěji ve formě jehlicovitých bílých a lesklých krystalků, bez zápachu, slabě nahořklé chuti.

Zdroje kofeinu v lidské výživě

Nejběžnějším zdrojem kofeinu pro Evropany je káva a čaj. Průměrný obsah kofeinu v jednom šálku (150 ml) kávy připravené z mleté zrnkové kávy je přibližně 85 mg, instantní kávy 60 mg a kávy bez kofeinu kolem 3 mg. V šálku čaje je kolem 30 mg kofeinu, instantního čaje 20 mg a v šálku kakaa nebo horké čokolády je kolem 4 mg kofeinu. Obsah kofeinu ve většině energetických nápojů je na úrovni jednoho šálku kávy (tabulka 1) a podle návrhu směrnice EU by v budoucnu neměl překročit hodnotu 320 mg/l, což odpovídá

množství 64 mg kofeinu v 200ml plechovce energetického nápoje.

Příjem kofeinu umírněným pitím kávy nebo čaje není u zdravých osob považován za nebezpečný (113), většinou je dokonce pokládán za blahodárny (146). Káva přináší benefit osobám s některými chronickými chorobami, jako jsou diabetes 2. typu, Parkinsonova choroba a nemoci jater – zejména cirhóza a hepatocelulární karcinom (62). Dospělé osoby v Evropě přijímají denně v průměru 200 mg (100–400 mg) kofeinu, především konzumací kávy a čaje, avšak rovněž nealko-nápojů včetně „energetických“. Příjem kofeinu je ovlivňován kulturními zvyky. V zemích severní Evropy je pití kávy více rozšířeno, průměrný příjem kofeinu v Dánsku, Finsku, Norsku nebo Švédsku se pohybuje okolo 400 mg denně (150). Děti, mladá generace a osoby, které kávu nepijí, přijímají kofein převážně pitím čaje a nealkoholických nápojů (46).

Tabulka 1 Obsah kofeinu v některých energetických nápojích

Energetický nápoj	Obsah kofeinu (mg)
Red Bull	80
Semtex	58
Erektus	57
Kamikaze	57

Farmakokinetika a biotransformace kofeinu

Kofein je rychle a kompletně adsorbován z gastrointestinálního traktu (GIT), maxima v krvi je dosaženo během 30–45 minut (obvyklé koncentrace jsou 50 µM) a jeho průměrný poločas eliminace činí 4 hodiny, ale pohybuje se v poměrně širokém rozmezí 2,5 až 10 hodin. Delší je např. v těhotenství (86). Prostřednictvím tělesných tekutin se v těle dále distribuuje a následně metabolizuje a vylučuje močí. Na metabolizaci kofeinu u člověka se zejména podílí jaterní cytochromoxigenázový systém P450 (47), isoenzymy CYP1A2, CYP2A6 a dále N-acetyltransferáza 2 a xanthinoxidáza (56). V moči bylo až dosud nalezeno 17 metabolitů, jejichž vzájemné zastoupení je závislé na fenotypu (102). Vý-

znamnými metabolity jsou 1-methylxanthin, 5-acetylamino-6-formylamino-3-methyluracil, 1-methylurát a 1,7-dimethylurát (56).

Farmakodynamika a mechanismus účinku kofeinu

Dávky 100–600 mg kofeinu podporují rychlejší a jasnější myšlení a lepší tělesnou koordinaci. Na druhé straně může být kofein příčinou nesoustředěnosti a roztěkanosti. Množství vyšší než 2 000 mg pak v mnoha případech vyvolává nespavost, třes a zrychlené dýchání. Tyto symptomy lze občas pozorovat i při nižších dávkách, protože reakce organismu na kofein je značně individuální. Při pravidelné konzumaci se však některé tyto účinky, především stimulační, projevují u stálých konzumu-

mentů kávy v mnohem menší míře než u konzumentů občasných.

Kofein se projevuje rovněž dalšími okamžitými účinky. Stimuluje uvolňování kortisonu a adrenalinu, což zvyšuje tlak krve a vyvolává zrychlenou frekvenci srdce. Na EKG je možno pozorovat sinusovou a ventrikulární tachykardii a ventrikulární fibrilace (42). Konzumace kofeinu byla po několik desetiletí považována za příčinu hypertenze, ale nedávné klinické a laboratorní studie prokázaly, že běžné množství kávy nemá na vznik hypertenze žádný vliv. Přesto však byl tento účinek pozorován ve více případech u osob, které kávu pravidelně nepijí, převážně u mladých jedinců. Vzhledem k nedostatku definitivních vědeckých údajů se proto doporučuje osobám se zvýšeným tlakem krve jen mírný příjem kofeinu. Vliv kofeinu na kardiovaskulární nemoci byl po několik desetiletí předmětem výzkumu. Ačkoliv přiměřená konzumace kávy není většinou spojována se srdečními potížemi, je obtížné vyloučit všechny souvislosti týkající se její zvýšené konzumace. Vysoký příjem kofeinu je obvykle spojen s vysokou konzumací kávy, která je často sloučena s dalšími faktory ovlivňujícími změny ve vývoji těchto chorob, např. kouření, fyzická aktivita, konzumace nasycených tuků nebo alkoholu, špatná životospráva, nedostatek spánku apod. Kofein má rovněž diuretické účinky, zvyšuje hladinu kyseliny mléčné v krvi a vyvolává metabolickou acidózu (127). Je velmi pravděpodobné, že nežádoucí účinky kofeinu

mohou být přičítány jeho rozdílné biotransformaci u lidí s rozdílným genotypem, v němž hrají význam zejména isoenzym cytochromoxidázy CYP1A2 a O-methyltransferáza (38).

Schopnost kofeinu tlumit celkovou únavu (8), zvyšovat psychický výkon (59), tlumit ospalost a zvyšovat pozornost (vigilitu) byla již dobře popsána (90). Stimulační účinek na CNS se vysvětluje jeho vazbou s adenosinovými mozgovými receptory, na nichž působí jako antagonist (31). Adenosin je významný neurotransmitter s inhibičními účinky, který podporuje spánek svou vazbou na adenosinové receptory v mozku. Tím, že kofein blokuje specifické adenosinové receptory, tlumí spánek a udržuje stav bdělosti (77). Často diskutovanou otázkou je, zda může u člověka vzniknout psychická nebo fyzická závislost na kávě. Náhlé přerušení konzumace kávy může vést i k abstinenčním příznakům u lidí, kteří jsou zvyklí pít silnou kávu, např. neklid, únava, podrážděnost, silné bolesti hlavy apod. Může také spustit migrénu (144).

Akutní toxicita kofeinu

Toxicita kofeinu je relativně nízká, hodnoty střední smrtné dávky (LD_{50}) pro některé živočišné druhy jsou shrnuty v tabulce 2. Odhad LD_{50} pro člověka je 7 mg/kg při i.v., 36 mg/kg při i.m. (76) a 192 mg/kg při p.o. podání (16). Za smrtelnou perorální dávku kofeinu pro člověka se považuje 10 g látky, což odpovídá 100 až 200 šálkům kávy. Nejvyšší dávka, kterou člověk přežil, je 24 g kofeinu (76).

Tabulka 2 Střední smrtné dávky (LD_{50}) kofeinu pro některé živočišné druhy

Živočišný druh	Způsob aplikace	LD_{50} (mg/kg)	Citace
potkan laboratorní	i.p.	240	(85)
králík	i.p.	224	(111)
myš	s.c.	242	(14)
myš	p.o.	127	(111)
myš	i.v.	62	(20)
myš	i.p.	240	(124)
křeček	p.o.	230	(111)
morče	p.o.	230	(23)

Použité způsoby aplikace: i.p. = intraperitoneální, s.c. = subkutánní, p.o. = perorální, i.v. = intravenózní

Taurin

Taurin, CAS Registry Number 107-35-7 (2-aminoethansulfonová kyselina), je derivátem aminokyseliny cysteinu a bývá proto řazen mezi neesenciální, resp. podmíněně esenciální aminokyseliny, i když to žádná aminokyselina není (95). „Podmíněně esenciální“ znamená, že v určitých situacích nebo za určitých podmínek, jako například při vysokém psychickém napětí nebo fyzické námaze, se z těla vylučují zvýšená množství taurinu, která nedokáže tělo v dostatečném množství nahradit. I když nepatří mezi kódované aminokyseliny, je velice významnou biomolekulou a u savců je to nejvíce zastoupená intracelulární „aminokyselina“ (155). Je to bílá, krystalická látka bez chuti, která byla poprvé izolována před více než 150 lety z býčí žluči (latinsky *taurus* – býk), odtud pochází jeho název „taurin“. Vyskytuje se přirozeně v potravinách, jako jsou například maso, mléko nebo mořské plody. Taurin je v organismu syntetizován z cysteinu a methioninu (130). Je přítomný ve vysokých koncentracích ve většině tkání. Taurin se přirozeně vyskytuje v lidském těle a účastní se řady životně důležitých procesů. Působí jako antioxidant a podporuje detoxikaci tím, že chemicky váže škodlivé látky a tím urychluje jejich vylučování z těla (126).

Fyziologická úloha taurinu

Prvotní výzkumy taurinu prokázaly souvislost mezi špatným vývojem sítnice a jeho nedostatkem ve výživě. Bylo to pozorováno u novorozenců, kteří měli totální parenterální výživu (72). Současné výzkumy prokázaly, že taurin je nezbytný pro tvorbu fotoreceptorů (74). Předběžné důkazy naznačují možný pozitivní vliv taurinu na srdeční onemocnění, akutní hepatitidy, cystické fibrózy a myotonie. Je ale potřeba ještě dalších studií, aby mohl být taurin s příznivými účinky na tyto nemoci spojován. Jako esenciální živina má taurin mnoho preventivních lékařských využití (155).

Taurin se zúčastňuje řady zásadních fyziologických procesů. Výrazně zasahuje do glykoregulace. Hraje roli při stabilizaci membrán a uplatňuje se zejména jeho antioxidantní účinek. Taurin zasahuje do chování neurotransmiterů a tím podporuje neuronální dráždivost. Podílí se na osmoregulaci a na tvorbě

žlučových kyselin, také ovlivňuje homeostázu vápníku (109). Při intracelulárním deficitu taurinu se zvyšuje výskyt poruch srdečního rytmu (152). Taurin je také důležitý pro správnou funkci ledvin (109).

Suplementace taurinu

Taurin se stává stále více populárním jako složka doplňků stravy a funkčních potravin a nápojů. Poměrně velké množství taurinu se přidává do energetických nápojů. Působí jako významný energizér, neboť stimuluje mozkovou aktivitu. Taurin má vliv na chování neurotransmiterů, optimalizuje činnost CNS a zlepšuje prokrvení mozku, čímž dochází ke stimulaci myšlenkových pochodů a celkovému zvýšení výkonnosti a bdělosti (3).

Zajímavou vlastností taurinu je jeho schopnost napodobovat funkci inzulínu, což umožňuje zlepšení využití sacharidů podobným mechanismem, aniž by docházelo k poklesu krevního cukru nebo až hypoglykémii jako u inzulínu (80). Díky tomu dochází k efektivnějšímu zpracování látek nutných pro růst svalů a jeho regeneraci (81). Taurin též zlepšuje pohyblivost spermií a tím i reprodukční schopnosti (99). Je prokazatelně účinný při léčbě srdeční arytmie, snižování krevního tlaku a redukci hladiny LDL cholesterolu (152). Mimo jiné vyživuje a zvlhčuje oči, což je výhoda pro lidi trávící den u PC (100).

Podle všech preklinických i klinických experimentů je taurin látka neriziková, bez jakýchkoliv vedlejších účinků. Ve farmaceutických preparátech se používá proti bolestem hlavy, při vyčerpání organismu, k podpoře činnosti jater, jako výživa kloubů a vaziv aj. Taurin se pro své energizující účinky s výhodou užívá u sportovců podáním 20–30 minut před výkonem (v dávkách od 500–1 000 mg taurin znatelně zlepšuje koordinaci pohybů, soustředění, psychickou odolnost a toleranci stresu), u řidičů k potlačení únavy, při potřebě celkové stimulace mozkových pochodů, oddálení pocitu vyčerpání a zlepšení koncentrace při učení, např. u studentů (21). Účinky taurinu mnohonásobně zesilují účinek kofeinu (82), čehož se využívá v energetických nápojích (12).

Taurin může mít nepříznivý vliv na pacienty s chronickou hemodialýzou. Dochází

u nich k akumulaci taurinu v ledvinách kvůli nedostatečnému vylučování jeho přebytku. Proto by pacienti se selháním ledvin neměli pít energetické nápoje. Příznaky sice vymizí po ukončení konzumace taurinu, avšak rizika spojená s dlouhodobým hromaděním taurinu nelze vyloučit (57). Taurin je považován za bezpečnou látku s velmi nízkou toxicitou, přesto existuje určitá opatrnost, pokud jde o jeho suplementaci v potravě. Podle posledních dostupných informací by neměla denní doporučená dávka taurinu u člověka přesáhnout 3 g (125).

Inozitol

Inozitol, CAS Number 87-89-8 (cyklohexan-1,2,3,4,5,6-hexol), je látka, která se může vyskytovat v podobě osmi možných epimerů, které se liší variacemi v konfiguracích –OH a –H na 6 uhlíkových atomech cyklohexanu. Nejčastěji se vyskytující přírodní epimer tohoto cukerného alkoholu byl objeven v roce 1850 ve svalech (1) a byl proto pojmenován myo-inozitol [(1*R*,2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*)-cyklohexan-1,2,3,4,5,6-hexol]]. Mluví-li se o přírodním inozitolu, rozumí se tím myo-inozitol.

Fyziologická úloha inozitolu a jeho derivátů

V živých organismech se molekula inozitolu vyskytuje nejčastěji ve formě fosfátových esterů, z nichž mnohé jsou významnými signálními molekulami v buňce (132). Z těch nejvýznamnějších to je inozitol-1-fosfát, inozitol-1,4,5-trifosfát a inozitol-1,2,3,4,5,6-hexakisfosfát (115), známý též jako kyselina fytová (131). Četné deriváty inozitolu jsou klíčovými molekulami pro regulaci metabolismu u mikroorganismů, rostlin a živočichů, váží se na specifické receptory a hrají úlohu neuromediátorů a neuromodulátorů (132). Experimenty u zvířat, která byla krmena stravou na inozitol chudou, prokázaly, že u nich docházelo ke zvýšené akumulaci tuků v játrech, zvířata měla různé zažívací potíže i neuropatii podobnou neuropatii provázející diabetes mellitus (64).

Inozitol v lidské výživě

Inozitol je látka, kterou si tělo neumí v dostatečném množství samo vytvořit a musí ji přijímat v potravě. Má tedy charakter vitamínu. Jen v menších množstvích se tvoří u člověka

pomocí střevních bakterií. Ve větších množstvích se inozitol nachází v rostlinných potravinách, zejména v zelenině, ovoci, celozrnných potravinách, ale také mase a mléce. V organismu je především v buněčných membránách mozku, myokardu a kosterní svaloviny, obvykle ve spojení s lipidy ve formě fosfatidylinozitolu (89).

Suplementace inozitolu

Příjem inozitolu potravou nemusí být pro tělo dostatečný. Předpokládá se, že pravidelný příjem inozitolu spolu s lecitinem pomáhá v boji proti civilizačním chorobám. Má pozitivní účinky na mozkovou činnost a prospívá svalům. V ČR je inozitol registrován jako potravinový doplněk, obvykle však není distribuován samostatně, ale společně s lecitinem. V energetických nápojích je obvykle 50 mg inozitolu na 250 ml nápoje.

V intermediárním metabolismu se uplatňuje především jako transportní systém pro mastné kyseliny a cholesterol, podílí se také na eliminaci volných kyslíkových radikálů. Podílí se na snížení hladiny nežádoucího LDL cholesterolu a zvyšuje hladinu ochranného/potřebného HDL cholesterolu. To má význam pro prevenci aterosklerózy, obezity i ochranu jater před jejich tukovou degenerací (157).

S ohledem na tyto účinky je inozitol propagován ve vztahu k redukci tělesné hmotnosti, „rychlému spálení“ tuků a je mu přisuzována ještě řada dalších účinků, např. odstranění únavy, zlepšení paměti, podpora fyzické kondice a tím i sportovního výkonu. Proto se přidává do energetických nápojů (52).

Inozitol má také použití jako doplněk celkové terapie při onkologické léčbě, protože pomáhá odstraňovat některé vedlejší nežádoucí účinky léčby (9). Přípravky s inozitolem snad podporují růst vlasů a zabraňují jejich vypadávání a pomáhají při některých kožních problémech (108). Účinky inozitolu samotného proto také oceňují mnohé kosmetické společnosti, které ho přidávají do krémů, šamponů a dalších přípravků. Inozitol se jeví jako zcela netoxický, tudíž není určena žádná denní doporučená dávka. Mohou se vyskytnout alergické reakce na inozitol vyráběný z mléka. Přesto se nedoporučuje pro malé děti, těhotné a kojící ženy a nemocné s chorobami ledvin a jater.

Karnitin

Karnitin, CAS Number 461-06-3 (γ -trimethylamoniumbutyrát), je přirozeně se vyskytující aminokyselina, tvořící tzv. zwitterion. Je to chirální sloučenina s jedním chirálním centrem a vyskytuje se ve dvou optických izomerech: D-karnitin a L-karnitin. Blíže nespecifikovaným označením karnitin se zpravidla míní L-antipod. Přírodním izomerem je pouze tento stereoizomer. D-antipod nemá v lidském těle žádnou fyziologickou funkci, ve velkých dávkách však inhibuje účinek L-karnitinu a působí proto toxicky.

Fyziologická úloha L-karnitinu

L-karnitin se podílí na přenosu mastných kyselin z cytosolu do mitochondrií, kde jsou oxidovány tzv. β -oxidací, při níž se získává energie v podobě ATP (159). Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem totiž nemohou samy procházet přes mitochondriální membránu dovnitř mitochondrie, kde k oxidaci dochází. L-karnitin je pro tyto účely syntetizován v játrech z aminokyselin lyzinu a methioninu. K jeho syntéze je nutný vitamin C. Nejvíce karnitinu je ve svazech, odkud byl také poprvé izolován a podle latinského názvu pro maso (*carnis*) nazván karnitin (angl. carnitine).

Suplementace L-karnitinu

U zdravých jedinců není suplementace karnitinu nutná, ale přináší benefit u některých vrozených metabolických poruch (103, 106). Karnitin bývá propagován podobně jako inozitol jako „spalovač tuku“, doporučuje se sportovcům, při hubnutí či pacientům s onemocněním srdce nebo ledvin. V potravinových doplňcích se často kombinuje s dalšími látkami, které by údajně měly urychlovat β -oxidaci mastných kyselin (122).

Očekávání vycházela z několika málo studií, provedených navíc na laboratorních potkanech, a prostředky pro hubnutí na bázi karnitinu byly v USA dokonce patentovány (60).

Spolehlivé studie, které by potvrzovaly proklamované účinky karnitinu na spalování a redukci tuku, však chybí. Dostupná data naopak ukazují, že suplementace karnitinem není účelná. Nezlepšuje využití mastných kyselin ani při zátěži, ani u obézních jedinců

(39, 40). Lidské tělo má totiž karnitinu velké zásoby a pro transport mastných kyselin do mitochondrií není jeho koncentrace limitující. Syntéza karnitinu je velmi rychlá, a pokud je zajištěna dodávka jeho prekurzorů – lysinu a methioninu, další podávání karnitinu pozbývá na významu. Suplementace by mohla mít význam pouze při výrazném deficitu karnitinu. Takový stav může nastat u pacientů zařazených do dialyzačního programu, u pacientů s malnutricí nebo těžkým jaterním onemocněním. Ani v těchto případech však účinek karnitinu nebyl prokázán. Jeho přidávání do energetických nápojů není podloženo žádnou kontrolovanou studií.

Glukuronolakton

D-glukuronolakton, lakton kyseliny glukuronové, CAS Number 32449-92-6 ((2R)-2-[(2S,3R,4S)-3,4-dihydroxy-5-oxo-tetrahydrofuran-2-yl]-2-hydroxy-acetaldehyd), je látka ze skupiny sacharidů. V malém množství se přirozeně nachází v organismu všech savců, je výsledkem jaterního metabolismu glukózy (97) a prekurzorem kyseliny L-askorbové (vitaminu C) (26).

Fyziologická úloha glukuronolaktону

Výrobci energetických nápojů zdůvodňují přítomnost glukuronolaktónu ve svých produktech tím, že tato látka má výrazné účinky na potlačení únavy, zlepšení paměti a koncentrace a urychluje reakce organismu na podnět. Výsledkem těchto účinků je potom zlepšení duševního i fyzického výkonu organismu. Tím, že podporuje látkovou výměnu v těle, potlačuje až odstraňuje také nadměrnou tvorbu tuku.

Vliv glukuronolaktónu na potlačení únavy byl testován v japonské behaviorální studii (136) na potkanech. Bylo zjištěno, že zvířata, kterým byl podáván glukuronolakton, byla schopna plavat signifikantně déle než zvířata bez tohoto stimulačního prostředku. V experimentu na lidech byl testován energetický nápoj, kde glukuronolakton byl pouze jednou z komponent. U skupiny 11 řidičů z povolání bylo 2 hodiny po vypití 500 ml energetického nápoje zjištěno, že méně usnuli. Nešlo však o skutečné řízení vozidla, ale jen o jeho simulaci v laboratoři (67). Vliv glukuronolaktónu

na paměť a kognitivní funkce mozku byl zjišťován pomocí psychologických testů, ale testované osoby konzumovaly nápoj, v němž glukuronolakton byl jen jednou ze složek nápoje (4, 147). Z jiné, novější studie je známo, že za většinu pozitivních účinků energetického nápoje na psychiku člověka je zodpovědný přítomný kofein (142). Je proto velmi problematické, zda přítomnost glukuronolaktonu v energetickém nápoji má nějaký benefit, a naopak se objevují úvahy o jeho nepříznivých účincích. Možné nežádoucí účinky relativně vysokých koncentrací prověřila EFSA s tím, že stanovila bezpečnou mez, při které se nevyskytují žádné škodlivé účinky (NOAEL), na 1 g glukuronolaktonu na 1 kg tělesné hmotnosti jedince a den (88).

Sacharidická a umělá nekalorická sladidla v energetických nápojích

Přítomnost sacharidů (cukrů) v energetických nápojích je důležitá zejména pro jejich bohatý energetický obsah, ale také pro jejich sladkou chuť, která mu zajišťuje obecně přijatelné organoleptické vlastnosti a činí z něj chutný nápoj. Sladká chuť je pro člověka velmi důležitá. Je spojována s příjemnými pocity, uspokojením a celkovou harmonizací (92). Sladkou chuť nápoje nemusí vždy tvořit přítomnost cukru, ten může být zastoupen umělým sladidlem.

Sacharidická sladidla

Sacharidická sladidla jsou získávána z přírodních zdrojů. Jedná se o přírodní cukry jako sacharóza nebo o sladké látky, které lze vyrobit přeměnou cukrů použitím enzymů, hydrogenace nebo jiných chemických reakcí. Sacharidická sladidla jsou v organismu bohatým zdrojem energie. V energetických nápojích lze nejčastěji nalézt tyto cukry:

Sacharóza – též řepný či třtinový cukr – je nejběžnější disacharid, CAS Number 57-50-1 (α -D-glukopyranosyl- β -D-fruktofuranosid). V těle se enzymaticky štěpí na glukózu a fruktózu, které se dále metabolizují. Sacharóza je nejpoužívanějším sladidlem a její spotřeba stále vzrůstá. Nadměrná konzumace sacharózy může být příčinou mnoha zdravotních problémů. Sacharóza je energeticky velmi bohatá, její dlouhodobá

vyšší spotřeba může vést až k obezitě (48). Sacharóza také významně zvyšuje hladinu glukózy v krevní plazmě a má vliv na sekreci inzulínu, proto je nevhodným sladidlem pro diabetiky. Dále poškozují zubní sklovinu a podporuje vznik zubního kazu, protože slouží jako zdroj živin pro ústní bakterie.

Fruktóza – též ovocný cukr, CAS Number 57-48-7, je monosacharid nacházející se v mnoha potravinách, zejména v ovoci, některé zelenině a v medu. Je sladší než cukr a pro potřeby potravinářského průmyslu se vyrábí ve velkém množství (asi 250 tisíc tun ročně) z řepného cukru nebo ze škrobu. Fruktóza je často používána k přislažování nápojů, ale řada prací naznačuje, že u konzumentů existuje riziko kardiometabolických poruch včetně dyslipidémie, inzulinové rezistence, cukrovky a obezity (24). U části populace existuje vrozená nesnášenlivost na fruktózu, „hereditary fructose intolerance“ (156).

Fruktózové sirupy jsou kombinací glukózy a fruktózy (tzv. invertního cukru) a jsou vyráběny z řepného cukru, z kukuřičného škrobu a dalších surovin.

Sorbitol – je cukerný alkohol, CAS Number 50-70-4, který se připravuje hydrogenací glukózy. V organismu se přeměňuje na fruktózu a jeho sladivost je nižší než u řepného cukru. Konzumace většího množství sorbitolu může obecně způsobovat bolesti břicha, plynatost a průjem. Vážné gastrointestinální problémy u dospělých může způsobovat již dávka asi 50 mg sorbitolu a více.

Xylitol – je pětiuhlíkový cukerný alkohol, CAS Number 87-99-0, který se v přírodě nachází v mnoha rostlinných zdrojích. Je přibližně stejně sladký jako sacharóza, ale obsahuje o 40 % méně kalorií. Nemá žádnou pachutí a je vhodným sladidlem také pro diabetiky. Průmyslově se vyrábí např. z dřevního odpadu nebo z kukuřice. V Evropě se začal vyrábět v minulém století ve Finsku z dřeva bříz, koncem 20. století se dočkal velké popularity v USA a v současné době je jeho největším producentem Čína, kde je xylitol vyráběn z kukuřičného odpadu. Dietology je xylitol

považován za mnohem vhodnější sladidlo než sacharóza. Nepodílí se např. na tvorbě zubního kazu, je proto používán jako sladidlo do žvýkaček. Žvýkačky s xylitolem redukuje množství zubních plaků a produkci kyselých slin a snižují tak kazivost zubů i problémy s dásněmi (63). Průmyslově se vyrábí dehydrogenací D-xylózy, tzv. dřevného cukru. D-xylóza se připravuje kyselou hydrolýzou mnoha biologických odpadů, jako jsou kukuřičné slupky, zbytky cukrové třtiny (tzv. bagassa) apod., přesto je výroba xylitolu složitější než výroba cukru z cukrové řepy nebo cukrové třtiny. Proto je toto sladidlo dražší. To brání jeho širšímu rozšíření. V současné době jsou proto vyvíjeny nové biotechnologie výroby xylitolu z D-xylózy za využití kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* nebo některých kmenů *Candida* (49, 50).

Sukralóza je synteticky připravený chlorovaný monosacharid (CAS Number 259-952-2, 1,6-dichlor-1,6-dideoxy-β-D-fructofuranosyl-4-chlor-4-deoxy-α-D-galactopyranosid), který by svou strukturou a výchozí surovinou měl patřit mezi sacharidická sladidla, ale protože v organismu se neodbourává a neposkytuje žádnou energii, je stejně tak možné jej řadit mezi nekalorická sladidla (84). O bezpečnosti tohoto polosyntetického sladidla se hodně diskutovalo. Vždyť ve své molekule obsahuje tři atomy chloru a organochlorové sloučeniny jsou obecně považovány za nebezpečné karcinogenní látky. Sukralóza byla podezřívána, že vyvolává migrény, způsobuje hyperaktivitu u dětí apod., ale poslední výzkumy ukazují, že se jedná o potravinářsky bezpečné sladidlo (54).

Umělá nekalorická sladidla

Jako umělá sladidla označujeme synteticky připravené látky sladké chuti, které samy o sobě neobsahují téměř žádnou energii, nezvyšují hladinu krevního cukru a jejich jediným cílem je zpříjemnit chuť potravin. Takové látky jsou označovány jako nekalorická sladidla, obvykle mají mnohonásobně vyšší sladivost než sacharóza a jsou vhodné pro diabetiky a obézní osoby. Od samého začátku jejich používání v potravinářství existuje mnoho pochybností o jejich zdravotní nezávadnos-

ti. Nejčastěji byla tato umělá sladidla podezřívána, že mohou vyvolávat rakovinu. Bylo provedeno mnoho studií, jejichž závěry se však velmi různí. Ty nejnovější však ukazují, že tato pravděpodobnost je zanedbatelná (119, 148). Důležité je, aby nebyly překročeny jejich akceptovatelné denní dávky (Acceptable Daily Intake, ADI) (118), protože jak ukazují testy genotoxicity, nebezpečí není nulové (13). Do energetických nápojů se nejčastěji přidávají sacharin, acesulfam a aspartam.

Sacharin – též cukerin (E 954, CAS Number 81-07-2, 1,1-dioxo-1,2-benzothiazol-3-on) – je jedním z nejstarších umělých sladidel. Byl objeven v roce 1879 a jeho objev byl významný zejména pro diabetiky. Jedná se o sodnou, draselnou nebo vápenatou sůl 2,3-dihydro-3-oxobenzisosulfonazolu. Málokterá látka se stala tak diskutovanou jako sacharin. Dlouho byl sacharin podezříván, že způsobuje rakovinu (151). V sedmdesátých letech minulého století vydal Úřad pro potraviny a léčiva USA (FDA) prohlášení, v němž sacharin ve větším množství nedoporučil z důvodu výskytu nádoru žlučníku u laboratorních krys. Později se však ukázalo, že nádory u krys vznikají způsobem, který není u člověka možný. Přesto musely být v USA označeny potraviny obsahující sacharin varovnými štítky. Tento zákaz byl zrušen až v roce 2000, ale v některých zemích je používání sacharinu dodnes zakázáno. Např. v Kanadě již od roku 1977. Také Světová zdravotnická organizace (WHO) jej vyhlásila jako látku člověku potenciálně nebezpečnou. Sacharin je asi 300krát sladší než sacharóza, ale má nepříjemnou kovově-hořkou pachut'. ADI sacharinu je stanoveno na 0–5 mg/kg tělesné hmotnosti.

Acesulfam K – acesulfam draselný (EC 950, CAS Number 259-715-3, 6-methyl-2,2-dioxooxathiazin-4-ol) – byl náhodně objeven v roce 1967. Je 180–200krát sladší než sacharóza a působí v ústech mírnou pachut', která se často maskuje jinými sladidly. Nevstřebává se sliznicí gastrointestinálního traktu, je tudíž zcela nekalorický a protože se nemetabolizuje, vylučuje se močí v nezměněné formě (120). Studie, které byly zaměřeny na prokázání bezpečnosti acesulfamu, byly zpochybněny řadou

jedinců a organizací, proto byly mnohokrát opakovány (148). Žádný škodlivý účinek nebyl shledán (78). ADI acesulfamu K je stanoveno na 0–15 mg/kg tělesné hmotnosti.

Aspartam (E 951, CAS Number 22839-47-0, N-L- α -aspartyl-L-fenylalanin 1-methyl ester) je dipeptid složený z kyseliny asparagové a fenylalaninu. Byl objeven v roce 1965 a dnes je nejpoužívanějším umělým sladidlem, je však málo odolný proti teplotám, takže se nehodí na přislažování tepelně upravovaných výrobků. Je 220krát sladší než sacharóza a bez výrazných vedlejších pachutí. Aspartam má energetickou hodnotu 4 kcal/g a není zcela nekalorickým sladidlem, je považován za nízk energetické sladidlo. ADI byla stanovena na 1–40 mg aspartamu na 1 kg tělesné hmotnosti a den. Podobně jako u jiných umělých sladidel je jeho zdravotní nezávadnost stále předmětem sporů (148). Je mu přičítáno mnoho negativních účinků: od migrenózních bolestí hlavy (135) přes výkyvy nálady, epilepsii (43), podporu vzniku diabetu (41) až po rakovinu (149). Protože při biotransformaci aspartamu vzniká fenylalanin, neměli by jej dostávat fenylketonurici (44).

Barviva a konzervanty v energetických nápojích

Používání barviv v potravinách má svoje opodstatnění a hlavním důvodem je hledisko estetické. To platí i pro energetické nápoje. Zákon č. 110/1997 Sb. definuje potravinářská barviva jako látky, jež udělují potravině barvu, kterou by bez jejich použití neměla, nebo které rekonstruují barvu, jež byla poškozena či zeslabena během technologického procesu (158).

Potravinářská barviva se dělí na dvě skupiny: barviva přírodní (včetně přírodně identických) a barviva syntetická. Barviva přírodní jsou získávána z přírodních zdrojů rostlinných, živočišných i nerostných. Přírodně identická barviva jsou dnes sice většinou vyráběna synteticky, ale po chemické stránce jsou totožná s přírodními.

Konzervanty v potravinách jsou důležitými aditivy v mnoha potravinářských výrobcích, včetně energetických nápojů. Zákon č. 110/1997 Sb. definuje konzervanty jako látky, které prodlužují údržnost potravin a které je chrání proti zkáze způsobené činností mikroorganismů. Konzervanty tvoří necelé jedno procento z celkového množství používaných přídatných látek.

Přehled nejčastěji používaných barviv a konzervantů v energetických nápojích je v tabulce 3.

Tabulka 3 Nejčastěji používaná barviva a konzervanty v energetických nápojích

E101	Riboflavin – vit. B ₂	O	barvivo	žluté barvivo	přír. rostl. nebo synt.
E104	Chinolinová žluť	RS, A	barvivo	žluté barvivo	synt.
E122	Azorubin	O	barvivo	červené barvivo	synt.
E131	Patentní modř	RS, A	barvivo	modré barvivo	synt.
E150	Karamel	O	barvivo	hnědé barvivo	přír. rostl.
E202	Kaliumsorbát	O	konzervant		synt.
E211	Natriumbenzoát	X, A	konzervant		synt.

Legenda:

O – látka, jejíž použití není nebezpečné (bez rizika)

O – látka není nebezpečná, ale nemá být používána často

X – látka, jejíž použití je obecně nebezpečné (s rizikem)

RS – látka pro jedince z tzv. „rizikových skupin“ nevhodná (alergici, astmatici)

A – látka může být alergenem a vyvolat alergii

Zdravotní rizika

Na otázku o škodlivosti aditiv ze skupiny barviv a konzervantů nelze jednoznačně odpovědět (83). Pravda je taková, že mnohé potraviny by se bez aditiv nedaly připravit nebo bezpečně uchovávat a jiné by kvůli nevýrazné barvě či chuti brzy ztratily své konzumenty. Mnohé přídatné látky se v potravinách vyskytují přirozeně a jsou přidávány jen pro zvýraznění již existujících vlastností; lze je tedy považovat za bezpečné. S některými aditivami jsou však spojovány nežádoucí účinky na lidské zdraví: vyrážka, průjem, nevolnosti, hyperaktivita, astma a řada dalších (30). Jiná jsou dávana do souvislosti se vznikem nádorových onemocnění nebo negativním vlivem na reprodukci či vývoj plodu (73). Vědeckých studií v této oblasti jsou desetitisíce (116), často ovšem přinášejí rozporuplné informace, a tak není divu, že toto téma je často diskutovanou otázkou ve společnosti (145). Říká se, že jsme to, co jíme. Chceme-li být zdraví, měli bychom jíst zdravě.

Nebezpečí jednotlivých aditiv lze vyjádřit jejich zařazením do čtyř skupin. Do první skupiny jsou řazeny látky, jejichž použití není nebezpečné (jsou bez rizika). Ve druhé skupině jsou látky, které nejsou nebezpečné, ale není doporučováno jejich časté použití. Třetí skupinu tvoří látky, jejichž použití je obecně nebezpečné (s rizikem). Do čtvrté skupiny jsou zařazeny látky nevhodné pro jedince tzv. „rizikových skupin“ (alergici, astmatici apod.).

Riboflavin – též vitamin B₂ (E 101, CAS Number 83-88-5, 1-deoxy-1-(7,8-dimethyl-2,4-dioxo-3,4-dihydrobenzo[g]pteridin-10(2H)-yl)-D-ribitol) – ve vodě rozpustný flavinový derivát, který je kofaktorem mnoha enzymů, které se podílejí na štěpení a využití sacharidů, tuků a proteinů, na produkci energie uvnitř buněk a na mnoha dalších fyziologických pochodech. Je považován za bezpečnou látku, jeho nedostatek by mohl být příčinou některých migrén (153) a jeho předávkování nehoří, zejména když jeho toxicita je nízká (140).

Chinolinová žlut' – též potravinářská žlut' 13 (E 104, CAS Number 8004-92-0) – je syntetické barvivo, které je v potravinářství hojně využíváno. Již dříve bylo zjištěno, že chinoli-

nová žlut' může vyvolávat u citlivých osob dermatitidu a alergické reakce (18) a v některých zemích byla proto zakázána. Novější práce prokázala její genotoxicitu *in vitro* (96).

Azorubin – též karmesin (EC 122, CAS Number 3567-69-9, dvojsodná sůl 4-hydroxy-2-[(E)-(4-sulfonato-1-naftyl)diazenyl] naftalen-1-sulfonátu) – je červené syntetické barvivo ze skupiny azobarviv. Existuje podezření, že by mohl vyvolávat alergii u citlivých osob (121) a u dětí v kombinaci s benzoátem hyperaktivitu (98), ale nebyla u něj prokázána cytogenetická aktivita (37).

Patentní modř V – též potravinářská nebo sulfanová modř (EC131, CAS Number 129-17-9, je sodná nebo vápenatá sůl [4-(α-(4-diethylaminofenyl)-5-hydroxy-2,4-disulfofenylmethyliden)-2,5-cyklohexadien-1-yliden] diethylammonia) – používaná k barvení cukrovinek, ale také nápojů. Negativní reakce jsou vzácné vzhledem k nízkým koncentracím, které se obvykle používají. Přesto u citlivých jedinců mohou vyvolat vyrážky, dýchací a trávicí obtíže a nedoporučuje se proto podávat dětem (15).

Karamel – vzniká zahřátím cukru na teplotu asi 170 °C procesem zvaným karamelizace, při němž vznikají barevné a aromatické látky. Používá se jako žluté až hnědé barvivo (E 150), které dává nápojům charakteristickou chuť a vůni. Barva a chuťové vlastnosti karamelu jsou závislé na použitém cukru, teplotě a délce karamelizace. Potravinářský průmysl rozlišuje 4 druhy karamelu – karamel I až IV. Přestože karamel je v potravinářství a k barvení nápojů používán již desítky let, není to zcela bezpečná látka. Např. karamel III, vyráběný z cukru za přítomnosti amoniových solí, vykazuje u myši (139) a potkana imunotoxicitu (69), ale u člověka nebyl jeho negativní účinek na imunitu pozorován (68).

Kyselina sorbová je často používanou látkou s konzervačními účinky, ať už jako volná kyselina, nebo její soli (sorbáty) (E 201 – E 203, CAS Number 110-44-1, E,E-2,4-hexadienová kyselina). Kyselina sorbová zabraňuje růstu plísní, kvasinek i některých bakterií. Považuje

se za nejméně škodlivé konzervační aditivum, neboť během pokusů na zvířatech nebyl prokázán žádný negativní účinek této látky na testované organismy (123).

Kyselina benzoová (E210, CAS Number 65-85-0, kyselina benzenkarboxylová) a její soli (sodné E211, draselné E212 a vápenaté E213) se používají jako konzervační prostředky. TID kyseliny benzoové je 5 mg/kg na den a u některých citlivých osob může vyvolat kopřivku, astma nebo anafylaktický šok (58).

Rostlinné extrakty v energetických nápojích

Ženšen pravý (*Panax ginseng*) je vytrvalá rostlina, jejíž název pochází z řeckého *rénshén*, což se dá přeložit jako člověk-kořen nebo také kořen života. Toto označení souvisí s tvarem jejího dužnatého šedožlutého kořene, který svým rozvětvením připomíná lidské tělo. Štíhlá lodyha ženšenu dorůstá 0,3–0,7 m a je zakončena řapíkatými pětičetnými listy. Květem je jednoduchý okolík složený z 5–6 drobných zelenobílých kvítků. Plodem je jedovatá bobule jasně červené barvy (19).

Ženšen je nejsilnějším posilujícím prostředkem asijské medicíny a předčí běžné povzbuzující látky, jako jsou káva, čaj, nikotin apod. Na Dálném východě objevili jeho adaptogenní účinky už před 2 000 lety a od 18. století se těší velké oblibě také u západních kultur (10). Získal pověst všeléku a elixíru života, protože lidé jeho pravidelné užívání spojovali s udržováním dobrého fyzického i duševního stavu a dokonce věřili, že jim přinese dlouhověkost (107).

Kořen ženšenu obsahuje polysacharidy, peptidy, polyacetyleny, mastné kyseliny a minerální látky. Největší farmakologický význam je ale přisuzován široké skupině steroidních saponinů, tzv. ginsenosidů, které mají imunostimulační, protinádorové a analgetické účinky (91). Podobné účinky byly prokázány také u organických sloučenin germania, které se v ženšenu vyskytují v relativně vysokých koncentracích (17).

Extrakt z kořene ženšenu stimuluje CNS, usnadňuje proces učení, zapamatování a zvyšuje duševní koncentraci (105). Posiluje jak látkovou, tak buňkami zprostředkovanou imu-

nitní odpověď, takže zvyšuje odolnost proti nachlazení, chemickým a bakteriálním intoxikacím (10) a má také antialergenní, virostatické a antiprotozoální účinky. Snižuje hladinu cholesterolu a glukózy, upravuje krevní tlak, zlepšuje činnost mužských gonád a odstraňuje stres (29). Vysoké dávky ženšenu mohou způsobit nespavost, nervozitu a podráždění (75).

Guarana (*Paulinia cupana*) je keř nebo menší strom z rodu *Sapindaceae*, původem z Venezuely a severní Brazílie. Guarana hraje důležitou roli v kulturách brazilských kmenů Tupi a Guaraní. Tyto kmeny věří, že tato rostlina je magická a léčivá a působí jako prostředek nabytí síly. Semena této rostliny jsou stimulantem CNS (27) a působí jako tonikum. Obsahují totiž kofein a některé další xanthinové alkaloidy (79). Použití rostlinného extraktu guarany v energetických nápojích (53) souvisí s přesvědčením, že guarana má silnější stimulační účinky než káva, ale pravděpodobně jen zvyšuje obsah kofeinu v nápoji (128).

Energetické nápoje v lidské výživě

Energetické nápoje se staly součástí našeho života, našeho životního stylu a jejich obliba ve společnosti stále vzrůstá. Pomalu se však vytrácí jejich původní poslání. Byly vytvořeny jako doplněk stravy pomáhající občas překonat únavu a povzbudit v nouzové situaci. Místo toho se stále více stávají běžnými nápoji. Nepijeme je tedy jen, když jsme unaveni nebo když potřebujeme zůstat ve střehu, ale když máme žízeň nebo jen proto, že to žádá společenský bonton. Energetické nápoje jsou považovány za „kávu nové generace“.

Američtí a kanadští zdravotníci vydali varování, že energetické nápoje jsou přesyčené cukrem, kofeinem a taurinem a při pravidelné a časté konzumaci mohou tělu ublížit. Mohou zvyšovat krevní tlak, způsobit srdeční palpitace, vést k předrážděnosti, úzkostem, bolestem hlavy a nespavosti. Studie australských lékařů prokázala nepříznivý vliv energetických nápojů na endoteliální funkce. V kontrolované klinické studii na zdravých dobrovolnících, kteří vypili 1 plechovku (250 ml) neslazeného energetického nápoje, prokázali, že hodinu po vypití se u nich významně zvýšila agregace krevních destiček a došlo k signifi-

kantnímu zvýšení průměrného arteriálního tlaku (154).

Někteří mladiství pijí tyto povzbuzující prostředky také před sportem, což může být obzvlášť nebezpečné (5). Vůbec pro mladou generaci jsou tyto nápoje nevhodné (61) a přitom jsou stále více právě touto částí společnosti konzumovány (45). Edukace v tomto směru je zcela nezbytná (34). Nápojové automaty s energetickými nápoji jsou instalovány i na školách a jejich obliba mezi žáky a studenty stoupá². Rizikových skupin je ale více.

Rizikové skupiny

Energetické nápoje mohou být nebezpečné zejména pro některé rizikové skupiny, jako jsou děti a mladiství, těhotné ženy, diabetici a někteří psychiatričtí pacienti.

Děti a mladiství

Jedním z rizikových faktorů dětské obezity je vysoký příjem cukrů. Energetické nápoje jsou v tomto směru zvláště nebezpečné, protože obsah cukru v nich je vysoký a vztah mezi jejich množstvím v nápojích a tělesnou hmotností konzumentů je evidentní (94). V Chile byla provedena klinická kontrolovaná studie na skupině školáků, kteří po dobu 16 týdnů dostávali místo sladkých nápojů mléko. Po jejím skončení byla u pokusné a kontrolní skupiny hodnocena výška a váha dětí, množství tělesného tuku a některé další parametry. Výměna sladkých nápojů za mléko přinesla jednoznačný benefit (2). Sedavý způsob života, ztráta zájmu o sport a vzrůstající obliba televize, počítačových her a rychlého občerstvení nevytvářejí pro zdravý vývoj mladé generace zrovna ty nevhodnější podmínky (93, 143). Rychle narůstající spotřeba energetických nápojů u mladistvých je alarmující. V USA se zvýšilo procento mladistvých, kteří konzumovali energetické nápoje mezi roky 2001 a 2008, z 24 na 56 % (12).

Nejčastějšími zdravotními komplikacemi jsou změny nálady, nervozita, závratě, neschopnost soustředění, podrážděnost a nespavost. Mezi další příznaky nadměrné konzumace energetických nápojů patří dehydratace, zrychlená srdeční akce, úzkost a manické epizody doprovázené iritabilní náladou (112). V této oblasti existuje nedostatečná informo-

vanost o zdravotních rizicích energetických nápojů nejen mezi mládeží, ale také mezi rodiči a pedagogy. Právě škola by v těchto otázkách měla hrát mnohem aktivnější úlohu (65).

Těhotné a kojící ženy

Těhotná žena přijímá potravou živiny, minerální látky a vitaminy, které jsou důležité pro fyziologické pochody jejího organismu a zároveň nezbytné pro zdárný vývoj plodu. Součástí potravy jsou také různé cizorodé látky, které nevyužívá organismus matky ani plodu. Mohou být naopak pro plod toxické (70). Zde má důležitou úlohu placenta, která chrání vnitřní prostředí plodu před možnou intoxikací. Pro mnohé látky obsažené v energetických nápojích je však placenta propustná, včetně kofeinu (141).

Mezi látky, které by se měly v těhotenství omezit nebo úplně vyloučit, patří právě výrobky s kofeinem. Proto jsou energetické nápoje pro těhotné ženy nevhodné a nejsou vhodné ani pro kojící ženy. Kofein přijímaný v době těhotenství má nepříznivé účinky na vývoj plodu (87), nepříznivě ovlivňuje růst kostry (11) a je spojen s rizikem pozdního potratu a porodu mrtvého dítěte (51). Konzumace sladkých nápojů kojícími ženami je samo o sobě rizikovým faktorem pro budoucí obezitu dítěte (35, 36), ale jak ukazují výsledky nedávné americké studie, mohou měnit hemodynamické parametry dítěte (129). Pokud jde o umělá sladidla, nejsou v těhotenství doporučována. Za rizikový je považován zejména sacharin (6) a aspartam (55, 133).

Diabetici

Energetické nápoje vzhledem k vysokému množství cukru rozhodně nejsou vhodným nápojem pro diabetiky, a to ani tehdy, jestliže je sacharóza nahrazena glukózou nebo fruktózou (71, 104).

Psychiatričtí pacienti

Neexistuje dostatečné množství informací o tom, zda energetické nápoje se svými četnými psychoaktivními ingrediencemi představují nějaké riziko pro psychiatrické pacienty. Zatím prokázané riziko představují pro skupinu schizofreniků, u nichž mohou vyvolat psychózu (28).

ZÁVĚR

Energetické nápoje, které byly původně určeny pro atlety a rekonvalescenty, patří dnes k módním trendům a pijí je téměř všichni. Získaly značnou oblibu v celé společnosti, protože zvyšují fyzickou i psychickou výkonnost a zlepšují náladu (4). Móda těchto nápojů se rozšířila hlavně mezi mladými lidmi, kteří je používají jako zázračný lék na zahnání únavy, pro lepší náladu i paměť. Jejich prodej vzrostl od roku 1998 o více než 500 %, jen ve Spojených státech se jich každoročně prodá kolem 200 milionů plechovek.

Energetické nápoje kromě kofeinu obsahují i další látky s povzbudivým účinkem. Guarana odstraňuje únavu a pocit vyčerpanosti, podporuje srdeční činnost a pomáhá předcházet depresím a bolestem. Taurin příznivě ovlivňuje činnost mozku. Pomáhá překonávat pocit fyzického a psychického vyčerpání a optimalizuje nervový přenos. L-karnitin zvyšuje fyzickou výkonnost, zlepšuje funkci srdce a napomáhá odbourávat tuky. Přestože se nejedná o návykové látky v pravém slova smyslu, existují pro energetické nápoje určitá zdravotní omezení. Ta platí zejména pro některé skupiny obyvatelstva.

Do valné většiny energetických nápojů není přidáván alkohol, nicméně praxe je taková, že velmi často jsou tyto nápoje konzumovány společně s nápoji alkoholickými. Na vzorku 500 studentů medicíny Státní univerzity v Messině (Itálie) bylo zjištěno, že energetické nápoje jich konzumuje 56,9 % a 48,4 % je kombinuje s alkoholem. Celých 35,8 % studentů konzumovalo kombinaci energetického a alkoholického nápoje více než třikrát za poslední měsíc (110). Podobné výsledky byly zjištěny i v další studii z poslední doby (např. 25, 33, 45).

Současná konzumace energetického nápoje s nápojem alkoholickým přináší četná zdravotní rizika (32). Kontrola nad vypitým množstvím alkoholu je ztížena vzhledem k povzbudivým účinkům energetického nápoje, takže k otrávám alkoholem dochází třikrát častěji než při pití samotného alkoholického nápoje (138). Konzumace energetických nápojů stimuluje konzumaci alkoholu (114). Bylo též prokázáno, že kombinace energetického nápoje s alkoholem negativně ovlivňuje kognitivní funkce (38).

Vysvětlivky

1. Na základě evropské legislativy mají výrobci povinnost uvádět množství kofeinu na obalu nápoje, pokud je vyšší než 150 mg/l, protože pro konzumenty, kteří jsou citlivější na kofein, může mít jeho příliš vysoké množství nepříjemné důsledky – zvýšený krevní tlak, zrychlený pulz, nervozitu či problémy se spánkem.
2. RNDr. Květa Tůmová, Česko-anglické gymnázium České Budějovice, soukromé sdělení.

* Článek vznikl kompilací seminárních prací studentů bakalářského studijního směru Ochrana veřejného zdraví ZSF JU v Českých Budějovicích v předmětu nutriční toxikologie.

LITERATURA

1. Agranoff, B. W.: Phosphorylated derivatives of myo-inositol. Fed. Proc. 1986, roč. 45, s. 2629–2633.
2. Albala, C., Ebbeling, C. B., Cifuentes, M., Lera, L., Bustos, N., Ludwig, D. S.: Effects of replacing the habitual consumption of sugar-sweetened beverages with milk in Chilean children. Am. J. Clin. Nutr. 2008, roč. 88, č. 3, s. 605–611.
3. Albrecht, J., Schousboe, A.: Taurine interaction with neurotransmitter receptors in the CNS: an update. Neurochem. Res. 2005, roč. 30, č. 12, s. 1615–1621.
4. Alford, C., Cox, H., Wescott, R.: The effects of red bull energy drink on human performance and mood. Amino Acids. 2001, roč. 21, č. 2, s. 139–150.
5. Anonym: Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. J. Am. Diet. Assoc. 2000, roč. 100, č. 12, s. 1543–1556.
6. Anonym: Saccharin. Review of safety issues. Council on Scientific Affairs. JAMA 1985, roč. 254, č. 18, s. 2622–2624.
7. Anonym: Spain and Germany plan restrictions on energy drinks. EU Food Law, 2010, č. 427, s. 14–15.
8. Ataka, S., Tanaka, M., Nozaki, S., Mizuma, H., Mizuno, K., Tahara, T., Sugino, T., Shirai, T., Kajimoto, Y., Kuratsune, H., Kajimoto, O., Watanabe, Y.: Effects of oral administration of caffeine and D-ribose on mental fatigue. Nutrition. 2008, roč. 24, č. 3, s. 233–238.
9. Bacić, I., Druzijanić, N., Karlo, R., Skifić, I., Jagić, S.: Efficacy of IP6 + inositol in the treatment of breast cancer patients receiving chemotherapy: prospective, randomized, pilot clinical study. J. Exp. Clin. Cancer Res. 2010, roč. 29, s. 12.
10. Bahrke, M. S., Morgan, W. P., Stegner, A.: Is ginseng an ergogenic aid? Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. 2009, roč. 19, č. 3, s. 298–322.
11. Bakker, R., Steegers, E. A., Obradov, A., Raat, H., Hofman, A., Jaddoe, V. W.: Maternal caffeine intake from coffee and tea, fetal growth, and the risks of adverse birth outcomes: the Generation R Study. Am. J. Clin. Nutr. 2010, roč. 91, č. 6, s. 1691–1698.

12. Ballard, S. L., Wellborn-Kim, J. J., Clauson, K. A.: Effects of commercial energy drink consumption on athletic performance and body composition. *Phys. Sportsmed.* 2010, roč. 38, č. 1, s. 107–117.
13. Bandyopadhyay, A., Ghoshal, S., Mukherjee, A.: Genotoxicity testing of low-calorie sweeteners: aspartame, acesulfame-K, and saccharin. *Drug Chem. Toxicol.* 2008, roč. 31, č. 4, s. 447–457.
14. Bartels, M., Bubnoff, M., Hochrein, H., Schmid, E., Taugner, R., Waltz, H., Weth, H.: Comparative experiments on new, water-soluble derivatives of theobromine and theophylline. [Article in German] *Arzneimittelforschung.* 1956, roč. 6, č. 10, s. 601–610.
15. Barthelmes, L., Goyal, A., Newcombe, R. G., McNeill, F., Mansel, R. E.: NEW START and ALMANAC study groups. Adverse reactions to patent blue V dye – The NEW START and ALMANAC experience. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2010, roč. 36, č. 4, s. 399–403.
16. Banner, W. Jr, Czajka, P. A.: Acute caffeine overdose in the neonate. *Am. J. Dis. Child.* 1980, roč. 134, č. 5, s. 495–498.
17. Bespalov, V. G., Alexandrov, V. A., Limarenko, A. Y., Voytenkov, B. O., Okulov, V. B., Kabulov, M. K., Peresunko A. P., Slepyan, L. I., Davydov, V. V.: Chemoprevention of mammary, cervix and nervous system carcinogenesis in animals using cultured Panax ginseng drugs and preliminary clinical trials in patients with precancerous lesions of the esophagus and endometrium. *J. Korean Med. Sci.* 2001, 16 Suppl, s. 42–53.
18. Björkner, B., Niklasson, B.: Contact allergic reaction to D&C yellow no. 11 and quinoline yellow. *Contact Dermatitis* 1983, roč. 9, s. 263–268.
19. Blumenthal, M.: Asian ginseng: potential therapeutic uses. *Adv. Nurse Pract.* 2001, roč. 9, č. 2, s. 26–28, 33.
20. Bonati, M., Jiritano, L., Bortolotti, A., Gaspari, F., Filippeschi, S., Puidgemont, A., Garattini, S.: Caffeine distribution in acute toxic response among inbred mice. *Toxicol. Lett.* 1985, roč. 29, č. 1, s. 25–31.
21. Bouckenoghe, T., Remacle, C., Reusens, B.: Is taurine a functional nutrient? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2006, roč. 9, č. 6, s. 728–733.
22. Bovard, R. S.: Risk behaviors in high school and college sport. *Curr. Sports Med. Rep.* 2008, roč. 7, č. 6, s. 359–366.
23. Boyd, E. M.: The acute oral toxicity in guinea pigs of acetylsalicylic acid, phenacetin, and caffeine, alone and combined. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1960, roč. 2, s. 23–32.
24. Bray, G. A.: Soft drink consumption and obesity: it is all about fructose. *Curr. Opin. Lipidol.* 2010, roč. 21, č. 1, s. 51–57.
25. Breslow, R. A., Guenther, P. M., Juan, W., Graubard, B. I.: Alcoholic beverage consumption, nutrient intakes, and diet quality in the US adult population, 1999–2006. *J. Am. Diet. Assoc.* 2010, roč. 110, č. 4, s. 551–562.
26. Bums, J. J., Evans, C.: The synthesis of L-ascorbic acid in the rat from D-glucuronolactone and L-gulonolactone. *J. Biol. Chem.* 1956, roč. 223, č. 2, s. 897–905.
27. Carlini, E. A.: Plants and the central nervous system. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 2003, roč. 75, č. 3, s. 501–512.
28. Cerimele, J. M., Stern, A. P., Jutras-Aswad, D.: Psychosis following excessive ingestion of energy drinks in a patient with schizophrenia. *Am. J. Psychiatry.* 2010, roč. 167, č. 3, s. 353.
29. Coleman, C. I., Hebert, J. H., Reddy, P.: The effects of Panax ginseng on quality of life. *J. Clin. Pharm. Ther.* 2003, roč. 28, č. 1, s. 5–15.
30. Conners, C. K., Goyette, C. H., Southwick, D. A., Lees, J. M., Androlonis, P. A.: Food additives and hyperkinesia: A controlled double-blind experiment. *Pediatrics* 1976, roč. 58, č. 2, s. 154–166.
31. Correa, M., Font, L.: Is there a major role for adenosine A2A receptors in anxiety? *Front. Biosci.* 2008, roč. 13, s. 4058–4070.
32. Curry, K., Stasio, M. J.: The effects of energy drinks alone and with alcohol on neuropsychological functioning. *Hum. Psychopharmacol.* 2009, roč. 24, č. 6, s. 473–481.
33. Dennis, E. A., Flack, K. D., Davy, B. M.: Beverage consumption and adult weight management: A review. *Eat. Behav.* 2009, roč. 10, č. 4, s. 237–246.
34. de Silva, A., Samarasinghe, Y., Senanayake, D., Lanerolle, P.: Dietary supplement intake in national-level Sri Lankan athletes. *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.* 2010, roč. 20, č. 1, s. 15–20.
35. De Wijn, J. F.: Obesity in children. III. Feeding pattern in relation to the possible development of obesity. [Article in Dutch] *Tijdschr. Kindergeneesk.* 1981, roč. 49, č. 6, s. 214–220.
36. De Wijn, J. F.: Overnutrition of the young child and the possible injurious sequelae of this in later years. [Article in Dutch] *Tijdschr. Ziekenverpl.* 1974, roč. 27, č. 36, s. 1019–1026.
37. Durnev, A. D., Oreshchenko, A. V., Kulakova, A. V., Beresten, N. F.: Analysis of cytogenetic activity of food dyes. [Article in Russian] *Vopr. Med. Khim.* 1995, roč. 41, č. 5, s. 50–53.
38. Dworzański, W., Opielak, G., Burdan, F.: Side effects of caffeine [Article in Polish]. *Pol. Merkur. Lekarski.* 2009, roč. 27, č. 161, s. 357–361.
39. Dyck, D. J.: Dietary fat intake, supplements, and weight loss. *Can. J. Appl. Physiol.* 2000, roč. 25, č. 6, s. 495–523.
40. Elmslie, J. L., Joyce, P. R., Hunt, P. J., Mann, J. I.: Carnitine does not improve weight loss outcomes in valproate-treated bipolar patients consuming an energy-restricted, low-fat diet. *Bipolar Disord.* 2006, roč. 8, č. 5, s. 503–507.
41. Ferland, A., Brassard, P., Poirier, P.: Is aspartame really safer in reducing the risk of hypoglycemia during exercise in patients with type 2 diabetes? *Diabetes Care.* 2007, roč. 30, č. 7, s. 59.
42. Fujiyoshi, N., Yoshioka, N., Morimoto, F., Suzuki, Y., Sueyoshi K., Shibuya, M., Shimazaki, J.: Case of caffeine poisoning survived by percutaneous cardio-pulmonary support. [Article in Japanese]. *Chudoku Kenkyu.* 2008, roč. 21, č. 1, s. 69–73.
43. Gaby, A. R.: Natural approaches to epilepsy. *Altern. Med. Rev.* 2007, roč. 12, č. 1, s. 9–24.
44. Garriga, M. M., Metcalf, D. D.: Aspartame intolerance. *Ann. Allergy.* 1988, roč. 61, č. 6, s. 63–69.
45. Garriguet, D.: Beverage consumption of Canadian adults. *Health Rep.* 2008a, roč. 19, č. 4, s. 23–29.

46. Garriguet, D.: Beverage consumption of children and teens. *Health Rep.* 2008b roč. 19, č. 4, s. 17–22.
47. Gates, S., Miners, J. O.: Cytochrome P450 isoform selectivity in human hepatic theobromine metabolism. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 1999, roč. 4, č. 3, s. 299–305.
48. Gibson, S.: Trends in energy and sugar intakes and body mass index between 1983 and 1997 among children in Great Britain. *J. Hum. Nutr. Diet.* 2010 Mar 23 [Epub ahead of print].
49. Granstrom, T. B., Izumori, K., Leisola, M.: A rare sugar xylitol. Part I: the biochemistry and biosynthesis of xylitol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2007a, roč. 74, č. 2, str. 273–276.
50. Granstrom, T. B., Izumori, K., Leisola, M.: A rare sugar xylitol. Part II: biotechnological production and future applications of xylitol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2007b, roč. 74, č. 2, str. 277–281.
51. Greenwood, D. C., Alwan, N., Boylan, S., Cade, J. E., Charvill, J., Chipps, K. C., Cooke, M. S., Dolby, V. A., Hay, A. W., Kassam, S., Kirk, S. F., Konje, J. C., Potdar, N., Shires, S., Simpson, N., Taub, N., Thomas, J. D., Walker, J., White, K. L., Wild, C. P.: Caffeine intake during pregnancy, late miscarriage and stillbirth. *Eur. J. Epidemiol.* 2010, roč. 25, č. 4, s. 275–280.
52. Greubel, S.: Isotonic beverages, „energy“ and „power“ drinks [Article in German]. *Med. Monatsschr. Pharm.* 1998, roč. 21, č. 11, s. 353–355.
53. Grósz, A., Szatmári, A.: The history, ingredients and effects of energy drinks. [Article in Hungarian] *Orv. Hetil.* 2008, roč. 149, č. 47, s. 2237–2244.
54. Grotz, V. L., Munro, I. C.: An overview of the safety of sucralose. *Regul. Toxicol-Pharmacol.* 2009, roč. 55, č. 1, s. 1–5.
55. Gurney, J. G., Pogoda, J. M., Holly, E. A., Hecht, S. S., Preston-Martin, S.: Aspartame consumption in relation to childhood brain tumor risk: results from a case-control study. *J. Natl. Cancer Inst.* 1997, roč. 89, č. 14, s. 1072–1074.
56. Hakooz, N. M.: Caffeine metabolic ratios for the *in vivo* evaluation of CYP1A2, N-acetyltransferase 2, xanthine oxidase and CYP2A6 enzymatic activities. *Curr. Drug. Metab.* 2009, roč. 10, č. 4, s. 329–338.
57. Han, X., Patters, A. B., Jones, D. P., Zelikovic, I., Chesney, R. W.: The taurine transporter: mechanisms of regulation. *Acta Physiol (Oxf)*. 2006, roč. 187, č. 1–2, s. 61–73.
58. Hannuksela, M., Haahtela, T.: Hypersensitivity reactions to food additives. *Allergy.* 1987, roč. 42, č. 8, s. 561–575.
59. Harrell, P. T., Juliano, L. M.: Caffeine expectancies influence the subjective and behavioral effects of caffeine. *Psychopharmacology (Berl)*. 2009, roč. 207, č. 2, s. 335–342.
60. Hastings, C. W., Barnes, D. J.: Weight loss composition for burning and reducing synthesis of fats. US Patent 5,626,849, May 6, 1997.
61. Hendriksen, M. A., Tijhuis, M. J., Fransen, H. P., Verhagen, H., Hoekstra, J.: Impact of substituting added sugar in carbonated soft drinks by intense sweeteners in young adults in the Netherlands: example of a benefit-risk approach. *Eur. J. Nutr.* 2010 Apr 29 [Epub ahead of print].
62. Higdon, J. V., Frei, B.: Coffee and health: a review of recent human research. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2006, roč. 46, č. 2, s. 101–123.
63. Holgerson, P. L., Sjostrom, I., Stecksen-Blicks, C., Twetman, S.: Dental plaque formation and salivary mutants streptococci in schoolchildren after use of xylitol-containing chewing gum. *Int. J. Pediatr. Dent.* 2007, roč. 17, č. 2, s. 79–85.
64. Holub, B. J.: The nutritional significance, metabolism, and function of myo-inositol and phosphatidylinositol in health and disease. *Adv. Nutr. Res.* 1982, roč. 4, s. 107–141.
65. Hoppu, U., Lehtisalo, J., Tapanainen, H., Pietinen, P.: Dietary habits and nutrient intake of Finnish adolescents. *Publ. Health Nutr.* 2010, roč. 13, č. 6A, s. 965–972.
66. Hoppu, U., Lehtisalo, J., Tapanainen, H., Pietinen, P.: Dietary habits and nutrient intake of Finnish adolescents. *Public Health Nutr.* 2010, roč. 13, č. 6A, s. 965–972.
67. Horne, J. A., Reyner, L. A.: Beneficial effects of an „energy drink“ given to sleepy drivers. *Amino Acids.* 2001, roč. 20, č. 1, s. 83–89.
68. Houben, G. F., Abma, P. M. van den Berg, H., van Dokkum, W., van Loveren, H., Penninks, A. H., Seinen, W., Spanhaak, S., Vos, J. G., Ockhuizen, T.: Effects of the colour additive caramel colour III on the immune system: a study with human volunteers. *Food Chem. Toxicol.* 1992, roč. 30, č. 9, s. 749–757.
69. Houben, G. F., Penninks, A. H.: Immunotoxicity of the colour additive caramel colour III; a review on complicated issues in the safety evaluation of a food additive. *Toxicology.* 1994, roč. 91, č. 3, s. 289–302.
70. Hronek, M.: *Výživa ženy v období těhotenství a kojení*, Maxdorf, Praha 2004, 262 s. ISBN 80-7345-013-5.
71. Hu, F. B., Malik, V. S.: Sugar-sweetened beverages and risk of obesity and type 2 diabetes: epidemiologic evidence. *Physiol. Behav.* 2010, roč. 100, č. 1, s. 47–54.
72. Chesney, R. W.: Taurine: its biological role and clinical implications. *Adv. Pediatr.* 1985, roč. 32, s. 1–42.
73. Ishidate, M., Sofuni, T., Yoshikawa K., Hayashi, M., Mohmi, T., Sawada, M., Matsuoka A.: Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food Chem. Toxicol.* 1984, roč. 22, č. 8, s. 623–636.
74. Jammoul, F., Dégardin, J., Pain, D., Gondouin, P., Simonutti, M., Dubus, E., Caplette, R., Fouquet, S., Craft, C. M., Sahel, J. A., Picaud, S.: Taurine deficiency damages photoreceptors and retinal ganglion cells in vigabatrin-treated neonatal rats. *Mol. Cell. Neurosci.* 2010, roč. 43, č. 4, s. 414–421.
75. Jia, L., Zhao, Y., Liang, X. J.: Current evaluation of the millennium phyto-medicine- ginseng (II): Collected chemical entities, modern pharmacology, and clinical applications emanated from traditional Chinese medicine. *Curr. Med. Chem.* 2009, roč. 16, č. 22, s. 2924–2942.
76. Jokela, S., Vartiainen, A.: Caffeine poisoning. *Acta Pharmacol. Toxicol. (Copenhagen)*. 1959, roč. 15, s. 331–334.

77. Jones, G.: Caffeine and other sympathomimetic stimulants: modes of action and effects on sports performance. *Essays Biochem.* 2008, č. 44, s. 109–123.
78. Karstadt, M.: Inadequate toxicity tests of food additive acesulfame. *Int. J. Occup. Environ. Health.* 2010, roč. 16, č. 1, s. 89–96.
79. Katzung, W.: Guaraná – a natural product with high caffeine content. [Article in German] *Med. Monatsschr. Pharm.* 1993, roč. 16, č. 11, s. 330–333.
80. Kim, S. J., Gupta, R. C., Lee, H. W.: Taurine-diabetes interaction: from involvement to protection. *Curr. Diabetes Rev.* 2007a, roč. 3, č. 3, s. 165–175.
81. Kim, S. J., Ramesh, C., Gupta, H., Lee, W.: Taurine-diabetes interaction: from involvement to protection. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents.* 2007b, roč. 21, č. 3–4, s. 63–77.
82. Kimura, M., Ushijima, I., Hiraki, M., Kimura, M., Ono, N.: Enhancement of caffeine-induced locomotor hyperactivity produced by the combination with L-arginine or taurine in mice: Possible involvement of nitric oxide. *Methods Find. Exp. Clin. Pharmacol.* 2009, roč. 31, č. 9, s. 585–589.
83. Klescht, V., Hrnčíříková, I., Mandelová, L.: *Éčka v potravinách.* Brno: Computer Press, 2006, ISBN 80-251-1292-6.
84. Knight, I.: The development and applications of sucralose, a new high-intensity sweetener. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1994, roč. 72, č. 4, s. 435–439.
85. Kreybig, von T., Czok, G.: Teratogenic and mutagenic studies with caffeine in the animal experiment. [Article in German] *Z. Ernährungswiss.* 1976, roč. 15, č. 1, s. 64–70.
86. Kuczowski, K. M.: Peripartum implications of caffeine intake in pregnancy: is there cause for concern? *Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim.* 2009, roč. 56, č. 10, s. 612–615.
87. Kuczowski, K. M.: The potential dangers of caffeine in pregnancy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2010, roč. 54, č. 4, s. 524–525.
88. Kvasničková, A.: EFSA prověřoval taurin a D-glukuronolaktón. Informační centrum bezpečnosti potravin. [online] [cit. 2009-02-17] Dostupné z <<http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=email&val=88361>>
89. Lakhan, S. E., Sabharanjak, S., De, A.: Endocytosis of glycosylphosphatidylinositol-anchored proteins. *J. Biomed. Sci.* 2009, roč. 16, s. 93.
90. Landolt, H. P.: Genotype-dependent differences in sleep, vigilance, and response to stimulants. *Curr. Pharm. Des.* 2008, roč. 14, č. 32, s. 3396–3407.
91. Leung, K. W., Yung, K. K., Mak, N. K., Yue, P. Y., Luo, H. B., Cheng, Y. K., Fan, T. P., Yeung, H. W., Ng, T. B., Wong, R. N.: Angiomodulatory and neurological effects of ginsenosides. *Curr. Med. Chem.* 2007, roč. 14, č. 12, s. 1371–1380.
92. Levine, A. S., Kotz, C. M., Gosnell, B. A.: Sugars: hedonic aspects, neuroregulation, and energy balance. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003, roč. 78, č. 4, s. 834S–842S.
93. Liang, T., Kuhle, S., Veugelaers, P. J.: Nutrition and body weights of Canadian children watching television and eating while watching television. *Public Health Nutr.* 2009, roč. 12, č. 12, s. 2457–2463.
94. Libuda, L., Kersting, M.: Soft drinks and body weight development in childhood: is there a relationship? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2009, roč. 12, č. 6, s. 596–600.
95. Lourenço R, Camilo M. E.: Taurine a conditionally essential amino acid in humans? An overview in health and disease. *Nutr. Hosp.* 2002, roč. 17, č. 6, s. 262–270.
96. Macioszek V. K., Kononowicz, A. K.: The evaluation of the genotoxicity of two commonly used food colors: quinoline yellow (E 104) and brilliant black BN (I 151). *Cell. Mol. Biol. Lett.* 2004, roč. 9, č. 1, s. 107–122.
97. Marsh, C. A.: Metabolism of d-glucuronolactone in mammalian systems. Identification of d-glucuric acid as a normal constituent of urine. *Biochem. J.* 1963, roč. 86, č. 1, s. 77–78.
98. McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., Stevenson, J.: Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet.* 2007, roč. 370, č. 9598, s. 1560–1567.
99. Meizel, S.: Stimulation of sperm fertility in vitro by exogenous molecules. *Reproduccion.* 1981, roč. 5, č. 3, s. 169–176.
100. Militante, J. D., Lombardini, J. B.: Taurine: evidence of physiological function in the retina. *Nutr. Neurosci.* 2002, roč. 5, č. 2 s. 75–90.
101. Miller, K. E.: Energy drinks, race, and problem behaviors among college students. *J. Adolesc. Health.* 2008, roč. 43, č. 5, s. 490–497.
102. Miners, J. O., Birkett, D. J.: The use of caffeine as a metabolic probe for human drug metabolizing enzymes. *Gen. Pharmacol.* 1996, roč. 27, č. 2, s. 245–249.
103. Moczulski, D., Majak, I., Mamczur, D.: An overview of beta-oxidation disorders. *Postepy Hig. Med. Dosw. (Online).* 2009, roč. 63, č. 266–277.
104. Montonen, J., Järvinen, R., Knekt, P., Heliövaara, M., Reunanen, A.: Consumption of sweetened beverages and intakes of fructose and glucose predict type 2 diabetes occurrence. *J. Nutr.* 2007, roč. 137, č. 6, s. 1447–1454.
105. Nah, S. Y., Kim, D. H., Rhim, H.: Ginsenosides: are any of them candidates for drugs acting on the central nervous system? *NS Drug Rev.* 2007, roč. 13, č. 4, s. 381–404.
106. Nasser, M., Javaheri, H., Fedorowicz, Z., Noorani, Z.: Carnitine supplementation for inborn errors of metabolism. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2009, č.2: CD006659.
107. Nocerino, E., Amato, M., Izzo, A. A.: The aphrodisiac and adaptogenic properties of ginseng. *Fitoterapia.* 2000, roč. 71, Suppl 1, s. 1–5.
108. Oberto, G., Bauza, E., Berghi, A., Portolan, F., Botto, J. M., Peyronel, D., Dal Farra, C., Domloge, N.: Cotton honeydew (*Gossypium hirsutum* L.) extract offers very interesting properties for hair cosmetics and care products. *Drugs Exp. Clin. Res.* 2005, roč. 31, č. 4, s. 131–140.

109. Oja, S. S., Saransaari, P.: Pharmacology of taurine. *Proc. West. Pharmacol. Soc.* 2007, roč. 50, s. 8–15.
110. Oteri, A., Salvo, F., Caputi, A. P., Calapai, G.: Intake of energy drinks in association with alcoholic beverages in a cohort of students of the School of Medicine of the University of Messina. *Alcohol Clin. Exp. Res.* 2007, roč. 31, č. 10, s. 1677–1680.
111. Palm, P. E., Arnold, E. P., Rachwall, P. C., Leyczek, J. C., Teague, K. W., Kensler, C. J.: Evaluation of the teratogenic potential of fresh-brewed coffee and caffeine in the rat. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1978, roč. 44, č. 1, s. 1–16.
112. Pennington, N., Johnson, M., Delaney, E., Blankenship, M. B.: Energy Drinks: A new health hazard for adolescents. *J. Sch. Nurs.* 2010 Jun 10. [Epub ahead of print]
113. Petriková, V., Patočka, J.: Káva očima toxikologa. [online], [cit. 2006-10-18], dostupné z <<http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=50>>
114. Price, S. R., Hilchey, C. A., Darredeau, C., Fulton, H. G., Barrett, S. P.: Energy drink co-administration is associated with increased reported alcohol ingestion. *Drug Alcohol Rev.* 2010, roč. 29, č. 3, s. 331–333.
115. Raboy, V.: Myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate. *Phytochemistry.* 2003, roč. 64, č. 6, s. 1033–1043.
116. Rangan, C., Barceloux, D. G.: Food additives and sensitivities. *Dis. Mon.* 2009, roč. 55, č. 5, s. 292–311.
117. Reissig, C. J., Strain, E. C., Griffiths, R. R.: Caffeinated energy drinks – a growing problem. *Drug Alcohol Depend.* 2009, roč. 99, č. 1–3, s. 1–10.
118. Renwick, A. G.: Acceptable daily intake and the regulation of intense sweeteners. *Food Addit. Contam.* 1990, roč. 7, č. 4, s. 463–475.
119. Renwick, A. G.: The intake of intense sweeteners – an update review. *Food Addit. Contam.* 2006, roč. 23, č. 4, s. 327–338.
120. Renwick, A. G.: The metabolism of intense sweeteners. *Xenobiotica.* 1986, roč. 16, č. 10–11, s. 1057–1071.
121. Reus, K. E., Houben, G. F., Stam, M., Dubois, A. E.: Food additives as a cause of medical symptoms: relationship shown between sulfites and asthma and anaphylaxis; results of a literature review. [Article in Dutch] *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 2000, roč. 144, č. 38, s. 1836–1839.
122. Saldanha Aoki, M., Rodriguez Amaral Almeida, A. L., Navarro, F., Bicudo Pereira Costa-Rosa, L. F., Pereira Bacurau, R. F.: Carnitine supplementation fails to maximize fat mass loss induced by endurance training in rats. *Ann. Nutr. Metab.* 2004, roč. 48, č. 2, s. 90–94.
123. Scotter, M. J., Castle, L.: Chemical interactions between additives in foodstuffs: a review. *Food Addit. Contam.* 2004, roč. 21, č. 2, s. 93–124.
124. Senda, S., Hirota, K.: Pyrimidine derivatives and related compounds. XXII. Synthesis and pharmacological properties of 7-deazaxanthine derivatives. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo).* 1974, roč. 22, č. 7, s. 1459–1467.
125. Shao, A., Hathcock, J. N.: Risk assessment for the amino acids taurine, L-glutamine and L-arginine. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2008, roč. 5, č. 3, s. 376–399.
126. Schaffer, S. W., Azuma, J., Mozaffari, M.: Role of antioxidant activity of taurine in diabetes. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2009, roč. 87, č. 2, s. 91–99.
127. Schmidt, A., Karlson-Stiber, C.: Caffeine poisoning and lactate rise: an overlooked toxic effect? *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2008, roč. 52, č. 7, s. 1012–1014.
128. Smith, N., Atroch, A. L.: Guarana's Journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink. *Evid. Based Complement Alternat. Med.* 2007, Dec. 5 [Epub ahead of print].
129. Steinke, L., Lanfear, D. E., Dhanapal, V., Kalus, J. S.: Effect of „energy drink“ consumption on hemodynamic and electrocardiographic parameters in healthy young adults. *Ann. Pharmacother.* 2009, roč. 43, č. 4, s. 596–602.
130. Stipanuk, M. H., Dominy, J. E., Jr., Lee, J. I., Coloso, R. M.: Mammalian cysteine metabolism: new insights into regulation of cysteine metabolism. *J. Nutr.* 2006, roč. 136, Suppl 6, s. 1652S–1659S.
131. Strunecká, A.: Co víme a nevíme o kyselině fytové – nejrozšířenějším inositolfosfátu na Zemi. *Čs. Fyziol.* 2006, roč. 55, s. 45–46.
132. Strunecká, A., Patočka, J.: Průvodce na cestu po fosfoinozitudové dráze. *Psychiatrie* 2007, roč. 11, č. 1, s. 8–12.
133. Sturtevant, F. M.: Use of aspartame in pregnancy. *Int. J. Fertil.* 1985, roč. 30, č. 1, s. 85–87.
134. Suková, J.: Návrh pravidel pro energetické nápoje. [online], [cit. 2010-04-09], dostupné z <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:h-ANGfvUjdYJ:www.agronavigator.cz/service.asp%3Fact%3Dprint%26val%3D100019+energetick%C3%BD+n%C3%A1poj+definice&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>>
135. Sun-Edelstein, C., Mauskop, A.: Foods and supplements in the management of migraine headaches. *Clin. J. Pain.* 2009, roč. 25, č. 5, s. 446–452.
136. Tamura, S., Tomizawa, S., Tsutsumi, S., Suguro, N., Kizu, K., Ito, H., Nakai, K., Kita, S., Masuda, M.: Metabolism of glucuronic acid in fatigue due to physical exercise. *Japan J. Pharmacol.* 1966, roč. 16, č. 2, s. 138–156.
137. Tarnopolsky, M. A.: Effect of caffeine on the neuromuscular system – potential as an ergogenic aid. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2008, roč. 33, č. 6, s. 1284–1289.
138. Thombs, D. L., O'Mara, R. J., Tsukamoto, M., Rossheim, M. E., Weiler, R. M., Merves, M. L., Goldberger, B. A.: Event-level analyses of energy drink consumption and alcohol intoxication in bar patrons. *Addict. Behav.* 2010, roč. 35, č. 4, s. 325–30.
139. Thuvander, A., Oskarsson, A.: Effects of subchronic exposure to Caramel Colour III on the immune system in mice. *Food Chem. Toxicol.* 1994, roč. 32, č. 1, s. 7–13.
140. Unna, K., Greslin, J. G.: Studies on the toxicity and pharmacology of riboflavin. *J. Pharm. Exp. Ther.* 1942, roč. 76, č. 1, str. 75–80.
141. Usanova, M. I., Shnol S. E.: Distribution of labeled caffeine in animal organism and its penetration from

- mother to fetus. [Article in Russian] *Biull. Eksp. Biol. Med.* 1955, roč. 40, č. 7, s. 41–44.
142. Van den Eynde, F., Van Baelen, P. C., Portzky, M., Audenaert, K.: The effects of energy drinks on cognitive performance. [Article in Dutch] *Tijdschr. Psychiatr.* 2008, roč. 50, č. 5, s. 273–281.
143. Van der Horst, K., Oenema, A., te Velde, S. J., Brug, J.: Gender, ethnic and school type differences in overweight and energy balance-related behaviours among Dutch adolescents. *Int. J. Pediatr. Obes.* 2009, roč. 4, č. 4, s. 371–380.
144. Vargas, B. B., Dodick, D. W.: The face of chronic migraine: epidemiology, demographics, and treatment strategies. *Neurol. Clin.* 2009, roč. 27, č. 2, s. 467–479.
145. Vrbová, T.: Víme, co jíme? Aneb Průvodce „Ěčky“ v potravinách. *EcoHouse*, 2001. ISBN 80-238-7504-3.
146. Vyskočil, F.: Káva (vcelku) blahodárná. *Vesmír* 2007, roč. 86, č. 2, s. 92.
147. Warburton, D. M., Bersellini, E., Sweeney, E.: An evaluation of a caffeinated taurine drink on mood, memory and information processing in healthy volunteers without caffeine abstinence. *Psychopharmacology (Berl.)* 2001, roč. 158, č. 3, s. 322–328.
148. Weihrauch, M. R., Diehl, V., Bohlen, H.: Artificial sweeteners--are they potentially carcinogenic? [Article in German] *Med. Klin. (Munich)*. 2001, roč. 96, č. 11, s. 670–675.
149. Weihrauch, M. R., Fiehl, V.: Artificial sweeteners – do they bear a carcinogenic risk? *Ann. Oncol.* 1994, roč. 15, č. 10, s. 1460–1465.
150. Weinberg, B. A., Bealer, B. K.: *The World of Caffeine*. Routledge, London, Great Britain 2001, 394 pp. ISBN 0-415-92722-6.
151. Whitehouse, C. R., Boullata, J., McCauley, L. A.: The potential toxicity of artificial sweeteners. *AA-OHN J.* 2008, roč. 56, č. 6, s. 251–259.
152. Wójcik, O. P., Koenig, K.L., Zeleniuch-Jacquotte, A., Costa, M., Chen, Y.: The potential protective effects of taurine on coronary heart disease. *Atherosclerosis*. 2010, roč. 208, č. 1, s. 19–25.
153. Woolhouse, M.: Migraine and tension headache – a complementary and alternative medicine approach. *Aust. Fam. Physician*. 2005, roč. 34, č. 8, s. 647–651.
154. Worthley, M. I., Prabhu, A., De Sciscio, P., Schultz, C., Sanders, P., Willoughby S. R.: Detrimental effects of energy drink consumption on platelet and endothelial function. *Am. J. Med.* 2010, roč. 132, č. 2, s. 184–187.
155. Wu, G.: Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*. 2009, roč. 37, č. 1, s. 1–17.
156. Yasawy, M. I., Folschm, U. R., Schmidt, W. E., Schwend, M.: Adult hereditary fructose intolerance. *World J. Gastroenterol.* 2009, roč. 15, č. 19, s. 2412–2413.
157. Yoshida, S., Ikeda, M., Busto, R., Santiso, M., Martinez, E., Ginsberg, M. D.: Cerebral phosphonositide, triacylglycerol, and energy metabolism in reversible ischemie: origin and fate of free fatty acids. *J. Neurochem.* 2006, roč. 47, č. 3, s. 744–757.
158. Zákon č. 110/1997 Sb., Zákon o potravinách a tabákových výrobcích. [online] Dostupné z <<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-110-1997-sb-o-potravinach-a-tabakovych-vyrobcich/cele-zneni/>>
159. Zammit, V. A., Ramsay, R. R., Bonomini, M., Arduini, A.: Carnitine, mitochondrial function and therapy. *Adv. Drug. Deliv. Rev.* 2009, roč. 61, č. 14, s. 1353–1362.

Martina Bromová et al.
prof.patocka@gmail.com