

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Taurin jako biologicky aktivní látka v potravinách
a nápojích**

Bakalářská práce

Marie Veselá

Výživa a potraviny

prof. Ing. Lenka Kouřimská, PhD.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Taurin jako biologicky aktivní látka v potravinách a nápojích" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2022

Marie Veselá

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala paní prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D., která mi poskytla odborné rady, cenné připomínky a věnovala čas i trpělivost při zpracování mé bakalářské práce. Zároveň děkuji paní Ing. Monice Sabolové, Ph.D. za odborné konzultace. Poděkování patří i mé rodině a přátelům za psychickou podporu a pomoc, kterou mi poskytovali nejen po dobu psaní této práce, ale i po dobu celého bakalářského studia.

Taurin jako biologicky aktivní látka v potravinách a nápojích

Souhrn

Tato práce se opírá o vědeckou literaturu, studie a články publikované v etablovaných periodikách s cílem porozumět taurinu jako biologicky aktivní látce v poživatinách, pomocí rešerše nejnovějších publikovaných informací k této problematice. K objevení taurinu došlo už v roce 1827 německými vědci Friedrichem Tiedemanem a Leopoldem Gmelinem v býčí žluči. Jeho systematický název zní 2-aminoetansulfonová kyselina. I když je občas mylně řazen mezi aminokyseliny, odlišuje se svou sulfonovou skupinou.

Účinky přisuzované taurinu se od jeho objevu značně rozšířily, a je více než pravděpodobné, že následujících letech bude tento trend pokračovat. Doposud byl označen jako antioxidant, osmoprotektant a při oxidačním stresu byly prokázány i jeho protizánětlivé vlastnosti. Ovlivňuje též homeostázu vápníku v buňkách. Některé jeho účinky se podobají neurotransmiterům.

Na otázku zdali je taurin esenciální nebo neesenciální není přímá odpověď. Taurin si organismus zvládne syntetizovat sám, ovšem často ne v dostatečném množství, a ne každý organismus. Proto je jeho příjem z potravy tak důležitý. V literatuře se můžeme setkat s označením taurinu jako „podmíněně esenciální“, který by mohl být kompromisem mezi esenciálním či neesenciálním zařazením. Například plně esenciální je pro novorozence, kočky, lišky a nám příbuzné opice. U těchto skupin živočichů zjišťujeme, že nedokáží taurin syntetizovat z methioninu a cysteinu jako například dospělý člověk kvůli deficitnímu množství enzymů cystein dioxygenázy a cysteinsulfínát dekarboxylázy.

Biosyntézou můžeme taurin získat z methionin a cysteinu za pomoci výše zmíněných enzymů. Někteří vědci tvrdí, že při dostatečné hladině methioninu a cysteinu bychom nemuseli taurin přijímat z potravy a stačila by pouze jejich syntéza. To je ale prozatím domněnka, která by potřebovala podrobnější a cílený vědecký výzkum

Důležitost příjmu taurinu potravou platí univerzálně, ovšem v určitých případech je přímo nezbytná. Pomineme-li organismy, které si taurin nedokáží syntetizovat, tak problém nedostatečného příjmu taurinu ze stravy může být i u vegetariánů, kteří s absencí masa v jídelníčku musí věnovat zvýšenou pozornost jeho doplňování alternativními způsoby. Vhodným zdrojem taurinu jsou ryby, mořské plody a především korýši a měkkýši. Nejvyšší obsah taurinu byl objeven v mušli *Abalone* a hřebenatce, kde se hladina taurinu pohybovala okolo 1 g/100 g. Dalšími zdroji v potravinách jsou i jiné druhy mas (kuřecí, hovězí, vepřové), mléko (kravské, kozí, bůvolí) a mléčné výrobky (sýry, tvarohy). I když v porovnání obsahu taurinu nejsou tak bohatými zdroji.

V současné době zatím žádná studie nepřišla na toxické či jiné nežádoucí účinky taurinu při jeho nadbytku v organismu. Ovšem nedostatek taurinu je často spojován s různými zdravotními problémy typu kardiovaskulárních onemocnění či poškození sítnice. Suplementace taurinem se ukázala, jako vhodný terapeutický nástroj při léčbě *diabetes mellitus*, obezity, hypertenze, epilepsii, onemocnění ledvin a jater.

Ve sportu je taurin využíván především pro jeho benefity, mezi které prokazatelně patří schopnost déle podstupovat tréninkové zatížení, redukovat svalovou únavu a zvyšovat rychlost

reakcí. Nejčastěji se ve sportu setkáme s využitím taurinu formou doplňků stravy, které sportovci umožňují lepší sportovní výkon, regeneraci, snižování hladiny mléčné kyseliny během intenzivní zátěže a pomáhá udržovat rovnováhu minerálních látek, čímž snižuje riziko svalových křečí.

Klíčová slova

Taurin, esenciální, neesenciální, metabolismus taurinu, ryby, energetické nápoje, doporučená dávka, onemocnění, taurin ve sportu

Taurine as a biologically active compound in food and beverages

Summary

This work was based on recent scientific literature, studies and papers focussed on taurine as a biologically active compound in food and beverages. German scientists Friedrich Tiedeman and Leopold Gmelin discovered Taurine in 1827 in bull bile. Its systematic name is 2-aminoethanesulfonic acid. Taurine is sometimes incorrectly classified as an amino acid but it is distinguished by its sulfonic group.

The effects of taurine have been expanded since its discovery, and it is possible that some more will be added. So far, it has been identified as an antioxidant, an osmoprotectant, and its anti-inflammatory properties have been demonstrated under oxidative stress. It also affects calcium homeostasis in cells. Taurine has very similar results as those as neurotransmitters.

There is no direct answer to the question of whether taurine is essential or non-essential. Taurine can be synthesized by the body itself but not often in sufficient quantities and not by every organism. That is why its intake from food is so important. In the literature we may see taurine referred to as "conditionally essential" which could be a compromise between essential and non-essential compound. For example, it is fully essential for new-borns, cats, foxes, and human-related monkeys. They cannot synthesize taurine from methionine and cysteine like others due to deficient amounts of the enzymes cysteine dioxygenase and cysteine sulfinate decarboxylase.

Via biosynthesis taurine can be obtained from methionine and cysteine with the help of the above-mentioned enzymes. Some scientists argue that with sufficient levels of methionine and cysteine we would not need to ingest taurine from food and only their synthesis would suffice. But this is a hypothesis for now, which would need to be further proved by scientific research.

The importance of dietary intake of taurine is general, but it is essential for some individuals. Apart from organisms which cannot synthesize taurine, this includes vegetarians who do not have sufficient taurine intake in their diet and must take care about it. Fish, seafood, and especially shellfish are optimal taurine supplements. The highest taurine content was found in Abalone and scallops where taurine levels were around 1 g/100 g. Other sources in food include other meats (chicken, beef, pork), milk (cow, goat, buffalo) and dairy products (cheese, cottage cheese) though the taurine content is not as high in them as in aquatic animals.

So far, no studies have produced toxicity or other adverse effects of taurine in its excessive intake. However, taurine deficiency has been linked to various health problems such as cardiovascular disease or retinal damage. Supplementation with taurine brings its beneficial effects in diabetes mellitus, obesity, hypertension, epilepsy, kidney, and liver disease.

In sports, taurine is used primarily for its benefits. It allows to train longer, reduce muscle fatigue, and increase reaction speed. It is given in the form of dietary supplements and has an effect on sports performance, recovery, reducing lactic acid levels during intense exercise and helps maintain mineral balance, thus reducing the risk of muscle cramps.

Keywords

Taurine, essential, non-essential, taurine metabolism, fish, energy drinks, recommended dose, diseases, taurine in sports

Obsah

1	ÚVOD	11
2	CÍL PRÁCE	12
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
3.1	Charakteristika taurinu a struktura	13
3.1.1	Esenciální a neesenciální aminokyselina	13
3.1.2	Taurinový transportér.....	14
3.2	Význam taurinu	14
3.2.1	Antioxidant.....	14
3.2.2	Protizánětlivé účinky.....	14
3.2.3	Osmoprotektant	15
3.2.4	Neurotransmitter	15
3.2.5	Modulátor hladiny vápníku v buňkách	16
3.3	Metabolismus taurinu	16
3.3.1	Biosyntéza cysteinu.....	16
3.3.2	Biosyntéza taurinu.....	17
3.4	Zdroje taurinu	19
3.4.1	Potraviny	19
3.4.1.1	Taurin ve stravě.....	19
3.4.1.2	Taurin v doplňcích stravy.....	24
3.4.2	Nápoje	24
3.4.2.1	Taurin v energetických nápojích	24
3.4.2.2	Taurin v mateřském mléce	26
3.5	Doporučené dávky	27
3.5.1	Studie rizikového množství.....	27
3.5.2	Nedostatek taurinu	29
3.6	Taurin a různá metabolická či jiná onemocnění a poruchy	30
3.6.1	Diabetes mellitus.....	31
3.6.2	Obezita	32
3.6.3	Hypertenze	32
3.6.4	Poškození sítnice.....	32
3.6.5	Onemocnění ledvin	33
3.6.6	Epilepsie.....	34
3.7	Taurin ve sportu	34
4	ZÁVĚR	37
5	SEZNAM LITERATURY	38

1 ÚVOD

Taurin je zajímavá organická sloučenina, která se od aminokyselin liší svou sulfonovou skupinou. Poprvé byl taurin izolován z žluči býka a od té doby vědci přišli na celou řadu jeho vlastností, účinků a benefitů. Nejen že má poměrně silné antioxidační účinky a napomáhá chránit před oxidačním stresem, ale zároveň vynikají i jeho protizánětlivé či osmoprotektivní účinky. Proto je stále důvod se využití taurin věnovat. Díky těmto a dalším vlastnostem se výzkum taurinu může stále posouvat a odhalovat tak jeho další využití.

Na otázku, zdali je taurin správně označován jako esenciální či neesenciální, se vědci nemohou shodnout. Taurin si naše tělo dokáže syntetizovat z methioninu a cysteinu, ovšem nezanedbatelnou součástí hladiny taurinu v organismu je i příjem z potravy. Pro některé živočichy jako jsou například kočky či dokonce novorozenci je taurin plně esenciální.

Povědomí o zdrojích taurinu bývá u laické veřejnosti značně omezené pouze na energetickými nápoji. Další zdroje bohaté na taurin, jako jsou především potraviny živočišného původu, nejsou většinou společností známy a využívány za účelem navýšení příjmu taurinu z potravy. Široké využití taurinu se nachází i v odvětví sportovní výživy či při prevenci a léčbě některých onemocněních.

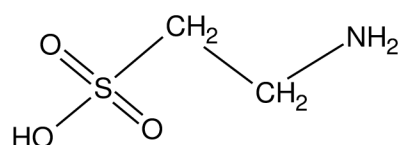
2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo vypracování literární rešerše o biologickém významu taurinu. Podkladem pro vypracování byla hypotéza, že taurin je významná organická kyselina, která se účastní řady fyziologicky významných dějů. Je i důležitou složkou různých poživatin, včetně energetických nápojů. Dílčími cíli práce proto bylo zjištění účinků taurinu, jeho význam, metabolismus, zdroje, doporučená dávka, souvislost s onemocněními a význam ve sportu.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Charakteristika taurinu a struktura

Taurin (2-aminoethansulfonová kyselina) je organická β -aminokyselina, která se ve své struktuře odlišuje od ostatních obsahem síry. Jeho sumární vzorec je $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$ a strukturní vzorec je viz. Obr. 1. Karboxylovou skupinu zde nahrazuje sulfonová kyselina. Podle tohoto rozdílu by se dalo soudit, že se nejedná přímo o aminokyselinu. V literatuře se můžeme setkat také s termínem aminosulfonová kyselina (Janečková 2020). Proto není součástí bílkovin a jedná se o jednu z nejvíce zastoupených volných kyselin ve tkáních (kosterní, srdeční, i v mozku) (Shadjou et al. 2018). Jednou z funkcí kosterního svalu je schopnost koncentrovat největší množství taurinu pomocí taurinového transportéru, který je psán více v následujících kapitolách (Luca et al. 2015).



Obr. 1 Strukturní vzorec taurinu

3.1.1 Esenciální a neesenciální aminokyselina

Taurin je uváděn jako „podmíněně“ esenciální. Tělo si ho sice dokáže syntetizovat, ale tato biosyntéza například v játrech je u savců omezená. Proto je nutné taurin přijímat i potravou, která tvoří nutričně důležitý podíl na jeho celkové potřebě pro organismus (Chou et al. 2012).

Pro novorozence je taurin pouze esenciální, protože si ho nedokážou vyrobit sami a přijímají ho v mateřském nebo umělém mléku. V průběhu těhotenství se taurin vytváří ve tkáních a mléce. Z tkáně se k plodu dostává přes placentu a v mléce se hromadí, aby byl připraven na příchod novorozence. Nejhojnější zastoupení taurinu nalezneme ve vyvíjejícím se mozku plodu nebo novorozence. (Tochitani 2017). Nám lidem příbuzné opice jsou na tom obdobně. Taurin je pro ně zpočátku esenciální aminokyselinou. V obou případech je tomu proto, že se u nich projevuje omezená aktivita enzymu cysteinsulfínát dekarboxylázy, který hraje důležitou roli v biosyntéze taurinu (Froger et al. 2014).

Studie na kočkách potvrdily, že i pro ně je taurin esenciální a proto je větší potřeba jej přijímat exogenně (Sturman et al. 1985). Krmivo pro dospělé kočky, kde je přísun taurinu možná o trochu více potřeba, by mělo obsahovat minimální hodnotu taurinu 25 mg/100 kcal u komerčních krmiv a u suchých 50 mg/100 kcal. U psů tomu tak není, neboť ti si taurin dokáží syntetizovat z methioninu a cysteinu sami. Proto se u nich nepovažuje ve stravě za nezbytný. U koček a starších psů by si majitelé měli přísun taurinu hlídat, aby nedocházelo z důvodu nedostatku ke zdravotním problémům. Jeho absence může vést ke špatnému zraku, nedostatečnému růstu, srdečním chorobám, hluchotě, poruchám reprodukce nebo potížím s dýcháním (Luca et al. 2015; Terrill et al. 2016). Podobně jako kočky tak i lišky patří mezi

živočichy, kteří jsou závislí na dávce taurinu přijímaného z potravy a nedokáží si syntetizovat dostatečné množství (Luca et al. 2015).

3.1.2 Taurinový transportér

Přemístění taurinu po těle pomáhá zajišťovat přenašeč, kterému se říká taurinový transportér. V některých literaturách je označován zkratkou TauT. Je vylučován ze savčích tkáních a závisí na sodíkových a chloridových iontech (Luca et al. 2015). Taurinový transportér odlišně reaguje na různé buněčné podněty. Příkladem mohou být změny iontového prostředí, pH nebo elektrochemického náboje. Průzkumy se shodují, že je zapotřebí funkce taurinového transportu ještě blíže upřesnit. Co je ale již podložené výzkum, je tvrzení, že nedostatek taurinového přenašeče souvisí se zhoršenou homeostázou u myši a následnému narušení energetického metabolismu (Baliou et al. 2020).

3.2 Význam taurinu

Ve shrnutí lze říct, že od roku 1827, kdy byl taurin objeven a částečně pospány jeho vlastnosti, byla zjištěna řada prospěšných funkcí. Je klasickým konjugátem žlučových kyselin, regulátor osmotického tlaku, modulátor homeostázy, signalizace hladinu vápníku, a působí jako antioxidant i protizánětlivá sloučenina (De Luca et al. 2015). Podrobněji o těchto vlastnostech pojednává v následujících podkapitolách.

Funkce taurinu jsou stále zkoumány, ale dosavadní poznatky už stačí k tomu, abychom věděli, že taurin má mnoho využití. Zapojuje se do řady procesů využití energie a fungování svalů, stabilizaci buněčných membrán, regulace rovnováhy tekutin a stimulace glykolýzy a glykogeneze (tvorba glykogenu a glukózy) nebo antioxidantních procesů (Waldron et al. 2018). Napomáhá i ve svalových buňkách při přeměně a obnovení ATP tím, že působí kladně na mitochondriální matrix a také při pohybu iontů vápníku (Ca^{2+}), což vede ke zlepšení svalové výkonnosti (Dutka et al. 2014).

3.2.1 Antioxidant

Taurin má silné antioxidantní účinky, což se projevuje tím, že chrání buňky před poškozením volnými radikály. Prekurzorem je již zmíněný hypotaurin, který též napomáhá vychytávání volných radikálů přesněji hydroxylových (OH^\bullet) a inhibuje oxidaci lipidů, čímž zabráňuje vlastní oxidaci železa (Fe^{2+}) (Carvalho et al. 2021).

Celkově taurin zlepšuje regeneraci zapříčiněnou cvičením. Působí jako prevence poškození tkání, tělesného stresu a také celkově urychluje svalovou regeneraci (Carvalho et al. 2021).

3.2.2 Protizánětlivé účinky

Při chronické konzumaci alkoholu dochází k oxidačnímu stresu a zánětu jater. V případě alkoholové steatohepatitidy, onemocnění charakteristické histologickými změnami (patologickými změnami tkáně), dochází k inhibici β -oxidace mastných kyselin a stimulaci

lipogeneze v játrech. V jejím procesu vznikají mastné kyseliny, které jsou spolu s glycerolem základními stavebními kameny triacylglycerolů. Při studii byli potkani rozděleni do tří skupin, kdy každému ve skupině byla podávána odlišná dávka alkoholu i taurinu po dobu šesti týdnů. Výsledky vedly k zjištění, že taurin může snížit hladinu triacylglycerolů v játrech pomocí snížení exprese genů syntézy mastných kyselin a malátu (tzv. jablečného enzymu) (Chou et al. 2012). Exprese genů je zde míněná jako proces, kdy se uložené informace v genu přesunou a vyjádří v opravdu existující buněčnou strukturu a funkci (Armingol et al. 2021). Taurin též napomáhá degradaci cholesterolu. Vznikají žlučové kyseliny, které jsou vyloučeny stolicí ven z těla (Chou et al. 2012). Studie vycházela z dávky taurinu 1 g/kg tělesné hmotnosti, která byla již ověřena a pomáhá očistit plazmu ledvinami od alkoholu u potkanů, kterým byly podávány chronické dávky alkoholu. (Fang et al. 2011). Závěr studie popisuje pozitivní účinky taurinu na usměrňování metabolismu lipidů a zmírnění zánětlivých onemocnění jater (Chou et al. 2012).

3.2.3 Osmoprotektant

Taurin je též řazen mezi osmolyty, kteří mohou působit i jako osmoprotektanty (Neuhofer et Beck 2006). Napomáhají vyrovnávat osmotický rozdíl mezi okolními buňkami a cytoelem (intracelulární tekutina) čímž organismus dokáže přežít extrémní osmotický stres (Lambert et al. 2015). Osmotický stres nastane tehdy, dojde-li ke hypertonickým nebo hypotonickým podmínkám v extracelulární tekutině. U hypertonicity se voda z buňky dostává ve větším množství přes buněčnou membránu ven, aby zmenšila vysokou koncentraci iontů (rozpuštěných látek) v extracelulární tekutině. Tomuto procesu se říká osmóza. Následně dojde k šoku, zabránění transportu substrátů a kofaktorů do buňky a ta se smršťuje nebo popřípadě zahyne. Při hypotonických podmínkách je tomu naopak. Nízká koncentrace rozpuštěných látek v mimobuněčné tekutině zapříčiní, že voda má tendenci ve větší míře pronikat do buňky, která tím nabývá na objemu a může dojít až k prasknutí či apoptóze (buněčná změna a smrt) (Lang 2007). O tom, jaká je míra koncentrace rozpuštěných látek neboli osmolarita, dávají vědět buňce signály, které aktivují reakci na řešení osmotického šoku (extrémní podmínky). Jedním z určujících prvků osmotického stresu je u eukaryot vápník, který se liší podle hypoosmotického a hyperosmotického stresu (Zwiewka et al. 2015).

3.2.4 Neurotransmitter

Taurin je v těle natolik využíván, že i přestože doposud nejsou žádné studie, které by ho zařadily do seznamu neurotransmiterů, i tak v mnoha kritériích splňuje požadavky na specifikaci neurotransmiterů (Ripps et Shen 2012). Taurin je svou strukturou podobný kyselině gama-aminomáselné (GABA). Ta funguje jako neurotransmitter v lidském mozku a reguluje na aktivitu neuronů (Tochitani 2017). Neurotransmitery vznikají v nervové soustavě a slouží k přenosu vzruchů. U taurinu bylo prokázáno, že jeho nedostatek vede ke zhoršené rychlosti nervového přenosu (Sak et al. 2019).

3.2.5 Modulátor hladiny vápníku v buňkách

Taurin má vliv na modulaci intracelulární (nitrobuněčné) koncentrace vápníku a funkci iontových kanálů (Luca et al. 2015). Sarkoplazmatické retikulum vyskytující se ve svalových buňkách má hlavní funkci ukládání Ca^{2+} . Hladina iontů vápníku je udržována relativně konstantně. Napomáhá tomu i taurin, jehož hladina je potřebná k udržení vhodné homeostázy vápníku. Zajišťuje správné zachytávání vápníku sarkoplazmatickým retikulem. Hypotenzní účinky taurinu mohou pomoci hypertenzním osobám se stahy srdečního svalu tím, že zvýší a uvolní Ca^{2+} do sarkoplazmatického retikula (Dutka et al. 2014).

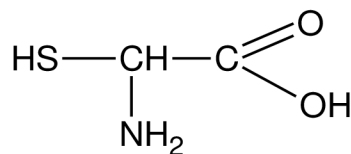
Sun et al. v roce 2016 zjistili, že se zvláště u pacientů s náběhem na vysoký krevní tlak (perhypertenze) při podání taurinu do 24 hodin jeví jako pozitivní ve smyslu jeho hypotenzní aktivity (snížení krevního tlaku). Studie se zúčastnilo 120 probandů ve věku 18–75 let, kterým hrozila hypertenze. Po dobu 12 týdnů jim bylo podáváno 1,6 g taurinu denně nebo placebo (Sun et al. 2016).

3.3 Metabolismus taurinu

Taurin získáváme endogenní syntézou z různých tkání, ale především z jater a mozku. Schéma biosyntézy v kapitole 3.3.2 popisuje vznik taurinu, který se syntetizuje ze dvou základních aminokyselin: methioninu (esenciální aminokyselina) a cysteinu (neesenciální aminokyselina) (Shadjou et al. 2018).

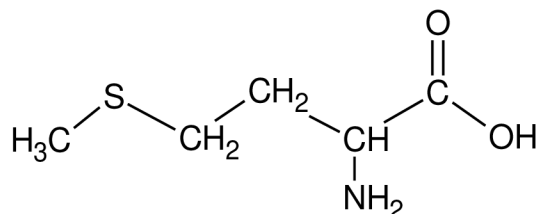
3.3.1 Biosyntéza cysteinu

Pro vznik cysteinu jsou nezbytné aminokyseliny methionin a serin. Cystein (viz Obr. 2) si z methioninu (viz Obr. 3) bere síru a ze serinu (viz Obr. 4) uhlíkovou kostru (Osman et al. 1997). Vše začíná u methioninu, ze kterého se stane S-adenosyl methionin za pomoci enzymu adenylyltransferázy a přes S-adenosyl homocystein je dalším meziproduktem homocystein (viz Obr. 5). V tento okamžik přichází na řadu již zmiňovaný serin. Ve stejném poměru s homocysteinem a pomoci enzymu cystathionin- β -syntázy vznikne cystathionin. Poslední krok před cysteinem katalyzují dva enzymy: γ -cystathionáza a cystein desulfuráza (Froger et al. 2014).

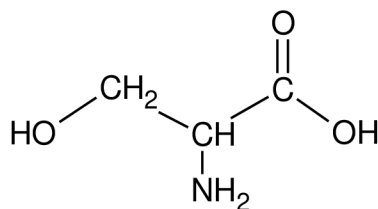


Obr. 2 Strukturální vzorec cysteinu

Za dostatečného přísunu aminokyseliny methioninu si naše lidské tělo zvládá vytvářet cystein samo (Froger et al. 2014). Tak aby byla zaručena dostatečná dostupnost cysteinu, je potřeba mít rovnováhu mezi homocysteinem a methioninem prostřednictvím folátu (kyseliny listové), vitamínu B₁₂ a funkčnost metyltetrahydrofolát reduktázy (Luca et al. 2015).



Obr. 3 Strukturní vzorec methioninu



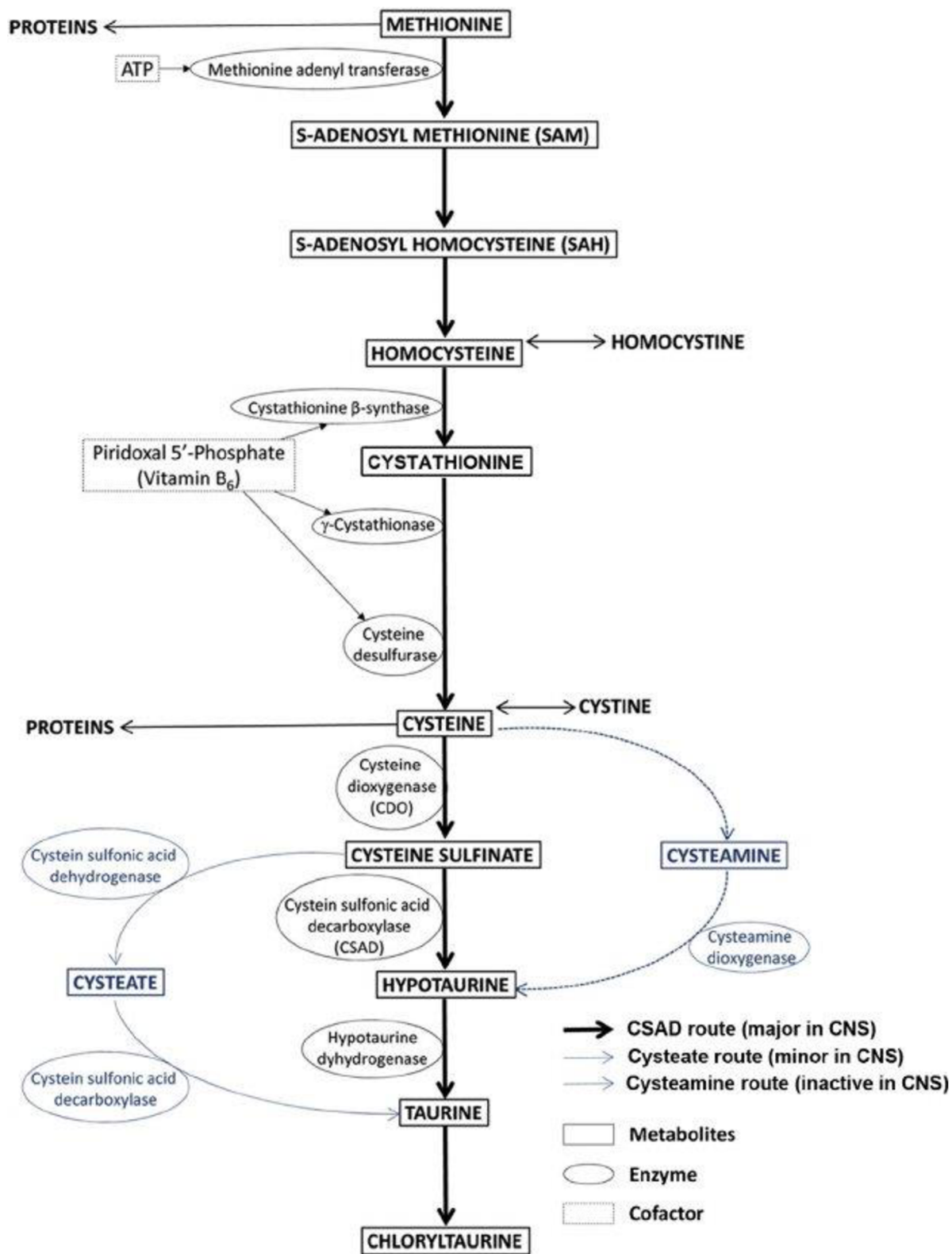
Obr. 4 Strukturní vzorec serinu

3.3.2 Biosyntéza taurinu

Enzym cystein dioxygenáza (CDO) oxiduje cystein na cysteinsulfinát (cysteinsulfinová kyselina) a vzápětí na to dekarboxyluje enzym cysteinsulfinát dekarboxyláza (CSAD) cysteinsulfinovou kyselinu na hypotaurin. U savců oxidací hypotaurinu vzniká taurin (Wen et al. 2019).

Koncentrace enzymů cystein dioxygenázy a cysteinsulfinát dekarboxylázy je ve tkáních v omezeném množství. Proto je taurin „podmíněně“ esenciální aminokyselina. Například u koček je endogenní syntéza taurinu tak nízká, že je pro ně esenciální a potřebují taurin přijímat stravou (Hayes & Sturman 1982). Ovlivnit biosyntézu taurinu může i pyridoxal-5-fosfát (vitamin B₆), protože je kofaktorem pro enzymy cysteinsulfinát dekarboxyláza, γ -cystathionáza a cystationin β -syntáza. Tudiž nízké množství až nedostatek vitamínu B₆ v potravě může vést k snížené biosyntéze taurinu a zapříčinit jeho nedostatek (Froger et al. 2014).

Existují ještě další dvě možné syntézy taurinu, které jsou rovněž graficky znázorněny v Obr. 5. První přímá cesta vzniku taurinu je z cysteinsulfonové kyseliny přes kyselinu cysteovou (cysteát). Tato syntéza probíhá v mozku i v játrech. Druhou možnou variantou, která se odehrává minoritně v ledvinách, je vznik hypotaurinu z cysteinu, kdy mezikrokem je cysteinamin. Kvůli velmi malému množství cysteaminu se tato syntéza v mozku neodehrává (Froger et al. 2014).



Obr. 5 Metabolická dráha biosyntézy taurinu (Froger et al. 2014)

3.4 Zdroje taurinu

Taurin byl objeven už před cca 200 lety v roce 1827 německým vědcem Friedrichem Tiedemanem a Leopoldem Gmelinem ve žluči. Jednalo se o býka přesněji tura domácího (*Bos taurus*), podle kterého ho pojmenovali (Tiedemann & Gmelin 1827). Taurin se nachází převážně v živočišných tkáních (například rybách), ale také v rostlinách a v podstatně menším množství v plísních a bakteriích (Hou et al. 2019).

Výzkumy se shodují ve tvrzení, že taurin v některých rostlinách obsažen je, ale ve srovnání se zvířaty je téměř zanedbatelný (Wu 2020). Největší množství taurinu obsahují mořské řasy a nejméně suchozemské rostliny. Mořské řasy byly z kmene *Rhodophyta* (Ruduch neboli červených řas), u nichž byl obsah taurinu v průměru až $998,7 \pm 15,7$ nmol/g. Oproti tomu mechorosty měly nejmenší množství taurinu $1,26 \pm 0,07$ nmol/g (Kataoka & Ohnishi 1986).

3.4.1 Potraviny

Nedílnou součástí hladiny taurinu v těle tvoří příjem z potravy. Taurin se objevuje převážně v potravinách živočišného původu. Naopak v rostlinných je jeho absence (European Food Safety Authority 2011).

Za důležitou zmínku rovněž stojí stabilita taurinu. Problematika ještě nebyla důkladně prozkoumána, některé studie však potvrzují změnu obsahu taurinu v potravinách během jejich skladování, zpracování či přípravě. Při tradiční úpravě ryb vařením byl zjištěn úbytek taurinu z hodnot naměřených před a po vaření. U tresky obecné byly po uvaření detekovány 30% ztráty. Kromě úbytku taurinu došlo rovněž ke ztrátám dalších aminokyselin (Dragnes et al. 2009; Larsen et al. 2007; Larsen & Elvevoll 2008; Mierke-Klemeyer et al. 2008; Roe & Weston 1965). Odborníci došli k závěru, že za to může dobrá rozpustnost taurinu ve vodě. Už při zpracování jsou potraviny vystaveny velkému množství vody (mytí, vaření v páře, atd.). Dalším faktorem ovlivňující hladinu taurinu by mohla být teplota, kdy u potravin dochází k dlouhodobému zažívání při vysokých teplotách. Na tomto základě taurin podléhá Maillardově reakci, která je zodpovědná za hnědnutí potravin. Jedná se o neenzymatickou reakci mezi redukujícími sacharidy nebo produkty jejich degradace s aminokyselinami či bílkovinami v potravinách. Kupříkladu u hřebenatky jsou taurin a alanin hlavními aminokyselinami potřebnými pro její zhnědnutí (Kawashima & Yamanaka 1996).

3.4.1.1 Taurin ve stravě

Největší obsah taurinu se nachází v rybách a mořských plodech. Souhrn těchto druhů ryb z různých studií je zhotoven v Tab. 1. Měření probíhalo na syrových rybách. Některý zdroje se ovšem u stejného druhu ryby od sebe liší. Největším obsah taurinu byl naměřen u platýze kamenného (*Kareius bicoloratus*), rejnoka (*Raja porosa*) a ryby z rodu *Cynoglossus sp.* Oproti tomu nejnižší koncentrace taurinu se objevovala u tkaničnice tmavé (*Aphanopus carbo*), tresky skvrnitě (*Melanogrammus aeglefinus*), platýse černého (*Reinhardtius hippoglossoides*) či tresky bezvousé (*Merlangius merlangus*). Konkrétní hodnoty jsou k vidění v Tab. 1. Neexistují podložené důkazy o rozdílech mezi sladkovodními a mořskými rybami. Je důležité

podotknout, že opakovaných měření u některých druhů ryb je málo a bylo by potřeba iniciovat další, aby výsledky byly přesnější a průkaznější. Mimo to byly použity i odlišné analytické metody, přístroje a přesnosti vyhodnocení u jednotlivých studií (Larsen et al. 2013).

U sumce afrického byla zkoumána i koncentrace taurinu v krmivu, která pak ovlivňovala hladinu taurinu ve svalovině ryb. Studie došla k závěru, že díky zvyšující se dávce taurinu v potravě se u sumce afrického zvyšuje následně i obsah taurinu v jejich filetech. Proto jsou v současné době chovatelé schopni u některých ryb chovaných v akvakulturách zvýšit obsah taurinu ve výsledném rybím maso Toto navýšení se děje pouze v některých případech. (Luten et al. 2008). U části druhů ryb je taurin i podstatnou součástí potravy pro jejich vývoj z potěru, jako je tomu u některých savců. Například pro potěr platýze či pstruha duhového je taurin pro růst nezbytný. Naproti tomu u kapra takováto potřeba potvrzena nebyla. U pstruha byla sice zaznamenán zlepšený růst, ale obsah taurinu ve filetech se nijak viditelně nezvýšil. (Kim et al. 2008).

Tab. 1 Obsah taurinu v rybách (Larsen et al. 2013)

Ryba	Obsah taurinu [mg/100 g]	Zdroj
Platýz kamenný	220	(Konosu et al. 1974)
Rejnok	280	(Zhao et al. 1998)
Rod <i>Cynoglossus sp.</i>	256	(Zhao et al. 1998)
Druh <i>Nibea albiflora</i>	225	(Zhao et al. 1998)
Šupinatá sardelka obecná	240	(Zhao et al. 1998)
	72–173	(Lyndon et al. 1993)
Treska obecná	120	(Dragnes et al. 2009)
	108	(Gormley et al. 2007)
Tuňák křídlatý	176	(Gormley et al. 2007)
	60	(Gormley et al. 2007)
Losos obecný (atlantský)	94	(Dragnes et al. 2009)
	130	(Spitze et al. 2003)
Sumec africký	108	(Ip et al. 2015)
	201	(Mierke-Klemeyer et al. 2008)
Makrela obecná	84	(Konosu et al. 1974)
Žralok	51	(Gormley et al. 2007)
Platýs černý	32	(Gormley et al. 2007)
Treska skvrnitá	28	(Gormley et al. 2007)
Tkaničnice tmavá	17	(Gormley et al. 2007)

U ryb se uvádí průměrná koncentrace taurinu ve svalovině mezi 50–300 mg/100 g. Takovýto interval je celkem přesně udané množství. Ovšem v tomto ohledu jsou na tom ale ještě lépe bezobratlí (viz. Tab. 2) (Larsen et al. 2013). Při porovnání korýšů a měkkýšů je vyšší obsah taurinu u měkkýšů, ale i tak se jedná stále o větší množství nežli u ryb. Nejnížší obsah taurinu u korýšů v Tab. 2 mají krevety a garnáty.

Nejvyšší zaznamenané množství taurinu u živočichů bylo nalezeno v mlžích a plžích. Konkrétně se jednalo o hřebenatky (*Pecten*) a mušle *Abalone*, u kterým byla naměřena koncentrace taurinu až 1 g/100 g jedlé tkáně (Kawashima & Yamanaka 1996). Už od počátku minulého století existují o sběru *Abalone* záznamy, kdy se sbíraly pro vysoký obsah taurinu, který plní osmoregulační úlohu (Schmidt & Watson 1918).

Výživová doporučení často zmiňují navýšení konzumace ryb, ale neměla by též opomíjet zvýšení spotřeby mořských plodů. Nejen za účelem zvýšení hladiny taurinu v těle ale i n-3 PUFA (omega-3 nenasycených mastných kyselin) (Larsen et al. 2013).

Tab. 2 Obsah taurinu v jedlých částí měkkýšů a korýšů (Larsen et al. 2013)

Měkkýš/korýš	Obsah taurinu [mg/100 g]	Zdroj
<i>Abalone</i>	1135	(Chiou et al. 2004)
Hřebenatka	705–1017	(Kawashima & Yamanaka 1996)
Hlemýžď (<i>neverita didyma</i>)	851	(Zhao et al. 1998)
Mušle	655	(Laidlaw et al. 1990)
Škeble	520	(Laidlaw et al. 1990)
	496	(Zhao et al. 1998)
	240	(Roe & Weston 1965)
Sépie	520	(Zhao et al. 1998)
Chobotnice	380	(Zhao et al. 1998)
Americký humr	300	(Barrento et al. 2009)
Evropský humr		(Barrento et al. 2009)
Garnáti	220	(Dragnes et al. 2009)
Krevety	143	(Zhao et al. 1998)

U masa hospodářských zvířat a zvěře vybočuje s největším obsahem taurinu maso kuřecí (viz Tab. 3). Ovšem není tomu tak u všech jeho částí. Kuřecí stehna převyšují obsahem taurinu kuřecího prsa i jiných druhů mas (Larsen et al. 2013).

Tab. 3 Obsah taurinu v syrových zvířecích svalech a orgánech (Larsen et al. 2013)

Druh zvířete	Sval/orgán	Obsah taurinu [mg/100 g]	Zdroj	
Hovězí	<i>Semitendinosus</i>	60	(Franco et al. 2010)	
	<i>Biceps femori</i>	69	(Franco et al. 2010)	
	<i>Semimembranosus</i>	74	(Franco et al. 2010)	
	<i>Longissimus dorsi</i>	18	(Franco et al. 2010)	
	<i>Masseter</i>	11	(Franco et al. 2010)	
	Libové	31	(Spitze et al. 2003)	
	Srdce		65	(Spitze et al. 2003)
			19	(Franco et al. 2010)
	Játra	69	(Spitze et al. 2003)	
	Slezina	96	(Spitze et al. 2003)	
	Plíce	87	(Spitze et al. 2003)	
Vepřové	<i>Semitendinosus</i>	60	(Franco et al. 2010)	
	<i>Longissimus dorsi</i>	69	(Franco et al. 2010)	
	<i>Masseter</i>	74	(Franco et al. 2010)	
	<i>Trapezius</i>	18	(Franco et al. 2010)	
	Srdce		11	(Franco et al. 2010)
			65	(Spitze et al. 2003)
	Játra	19	(Franco et al. 2010)	
	Ledviny		69	(Spitze et al. 2003)
			96	(Spitze et al. 2003)
	Plíce	87	(Spitze et al. 2003)	
Kuřecí		16	(Spitze et al. 2003)	
	Prsa		26	(Zhao et al. 1998)
			18	(S. Laidlaw et al. 1990)
	Stehna		379	(Zhao et al. 1998)
			169	(Laidlaw et al. 1990)
	Ledviny	110	(Spitze et al. 2003)	
Koňské	Maso	31	(Spitze et al. 2003)	
Sobí	<i>Longissimus</i>	52–137	(Triumpf et al. 2012)	
Jelenní	<i>Longissimus</i>	18, 37	(Purchas et al. 2010)	

Mléčné výrobky nejsou příliš bohaté na zdroj taurinu (viz Tab. 4). Příkladem toho je kravské mléko, které není v porovnání s ostatními produkty nikterak významné. Jednoznačně největší obsah taurinu je v mléce kozím, kde tvoří nejvíce zastoupenou aminokyselinu. Vysoké množství obsahují i výrobky z koziho mléka, jak zrající tak čerstvé sýry. Jednotlivě se mezi sebou hodnoty mohou lišit podle plemene zvířete (Pasqualone et al. 2000). Předčasně narozeným dětem nebo dětem maminek, které z nějakého důvodu (často zdravotního) nemohou kojit, se podává adaptované mléko. Základem pro výrobu je kravské mléko v kombinaci s mlékem jiných savců nebo mlékem rostlinným. Ovšem kravské mléko se od mateřského liší, proto je potřeba upravit především poměr bílkovinných frakcí. Kvůli zvýšené potřebě taurinu u novorozenců je potřeba ho navýšit až na úroveň 3–8 mg taurinu/100 ml, která je podobná mateřskému mléku (Larsen et al. 2013).

Tab. 4 Obsah taurinu v mléčných produktech (Larsen et al. 2013)

Výrobek	Druh	Obsah taurinu [mg/100 ml (g)]	Zdroj	
Mléko	Neurčené	0,6	(Manzi & Pizzoferrato 2013)	
	Plnotučné 3,5% tuku	2,4 ± 0,3	(Laidlaw et al. 1990)	
	Kravské Polotučné 1,5% tuku	2,5 ± 0,3	(Laidlaw et al. 1990)	
	Odtučněné 0,5% tuku	2,5 ± 0,3	(Laidlaw et al. 1990)	
	Kozí	Neurčené	6,62	(Pasqualone et al. 2000)
		Neurčené	8,5 ± 0,17	(Laidlaw et al. 1990)
		Maltézské plemeno	11,37	(Pasqualone et al. 2000)
	Bůvolí	7,3	(Manzi et Pizzoferrato 2013)	
	Velbloudí	0,16–3,45	(Pasqualone et al. 2000)	
Jogurt	Kravský	0,8	(Manzi et Pizzoferrato 2013)	
	Kravský	3,3	(Laidlaw et al. 1990)	
	Kozí	5,3	(Manzi et Pizzoferrato 2013)	
Tvaroh	Neurčený	1,3 ± 0,2	(Laidlaw et al. 1990)	
Sýr	Kozí	3,3 ± 0,33	(Pasqualone et al. 2000)	

Taurin v potravinách rostlinného původu takto hojně rozšířen není. Příkladem tomu je Tab. 5, kde jsou zaznamenány jednotlivé suroviny z ovoce, zeleniny, luštěnin, obilnin a ořechů, u kterých nebyl zjištěn žádný obsah taurinu (Laidlaw et al. 1990). Vyvracejícím tvrzením může být studie, která jej objevila i když jen stopové množství v různých ořechách, semenech a luštěninách (Pasantés-Morales et al. 1989).

Tab. 5 Potraviny neobsahující stopy taurinu (Hou et al. 2019; Laidlaw et al. 1990)

Ovoce (produkty)	Zelenina (produkty)	Luštěniny	Obiloviny (produkty)	Ořechy
Rozinky	Rajčata	Fazole	Ječmen	Mandle
Broskve	Brokolice	Čočka	Rýžová mouka	Kešu
Pomerančový džus	Celer	Hrášek	Ovesná mouka	Arašídny
Brusinkový džus	Kukuřice		Ovesné vločky	Pekánové ořechy
Jablečný džus	Cibule		Lívance	
			Tortilly	

3.4.1.2 Taurin v doplňcích stravy

Taurin můžeme na volně prodejném trhu nalézt i jako doplněk stravy ve formě prášku, kapslí, atd.. Doplnky se od sebe neliší pouze formou ale i velikostí v jedné dávce. Na trhu je propagován nejen pro potřebné, ale vyžití je cílené například i pro sportovce. Často tento produkt využívají i vegani pro doplnění taurinu, kteří jej v běžné stravě kvůli odlišnému a vyhraněnému stravování příliš nezískají. U doplňků stravy obvykle najdeme jak, kdy a za jakým účelem by se měl konzumovat.

3.4.2 Nápoje

Nejznámějším a zároveň veřejností oblíbeným zdrojem taurinu jsou bezesporu energetické nápoje. Nejen v nich je taurin obsažen. Již výše zmíněné mléko a mléčné výrobky jsou tomu důkazem v Tab. 4. Pro novorozence savců je to tak důležité mateřské mléko, které jim v počátcích jejich života napomáhá, aby dobře prospíval.

3.4.2.1 Taurin v energetických nápojích

Energetické nápoje jsou nealkoholické nápoje, kde je jednou z hlavních složek vedle kofeinu, sacharidů, vitamínů také taurin (Mateo-Fern et al. 2021). Obliba těchto nápojů je stále vysoká, jak u dospívajících, tak i dospělých pro svou sladkou chuť a zvýšení fyzické aktivity (Ehlers et al. 2019).

První a jedna z nejznámějších značek energetických nápojů, která začala s masivním prodejem od 1. dubna 1987, byla rakouská firma Red Bull (zdroj webové stránky je <https://www.redbull.com/cz-cs/>) (RedBull, 2022). Dnes již poupravený původní recept

pochází z Thajska. Snaha o prodej obdobného výrobku byla sice ještě dříve, ale neměla takovou osvětu (Ali et al. 2015).

Vědci a výrobci se s prodejci často liší v popisu vlastností, výhod, nevýhod a účinků energetických nápojů. Výrobci se snaží své produkty marketingově zpropagovat na základě výhod, které podle nich nejsou spotřebiteli nijak nebezpečné ba naopak prospěšné. To je spíše opak toho, co tvrdí vědecké publikace. Ze studie na octomilkách (*Drosophila*) bylo zjištěno, že taurin nevyvolává cytotoxicitu v Classic RedBull, nýbrž glukóza, která je jednou z bioaktivních sloučenin. Testy na ochranu aktivitu a blahodárné účinky na zdraví u *Deosophila melanogaster* vykazovaly, že taurin i glukóza mají částečné antioxidační účinky na vznikající peroxid vodíku (H₂O₂) (Mateo-Fern et al. 2021).

Souhrn nejznámějších a konzumenty nejvíce vyhledávaných energetických nápojů, které jsou běžné dostupné v potravních řetězcích, je zaznamenán v Tab. 6. Obsahu taurinu na jednotlivých etiketách je ve všech případech shodný. Všechna data byla zjištěna ze supermarketu Albert ke dni 17.3.2022.

Použitím elektroforetické metody (kapilární izotachoforéza a kapilární zónová elektroforeza) byl zjištěn u RedBullu obsah taurinu 420 ± 20 mg/100 ml. To se neshoduje s přesným obsahem uvedeným na plechovce. Taktéž tomu bylo i u Semtexu, kdy se jednalo o průměrnou hodnotu 410 ± 20 mg/100 ml (Kvasnička & Rajchl 2021).

Tab. 6 Energetické nápoje prodávané v ČR

Potravina	Množství v spotřebitelném balení	Energetická hodnota v kJ/100 ml	Obsah taurinu v mg/100 ml
Red Bull	250 ml	195	400
Red Bull zero	250 ml	9	400
Tiger Energy drink	500 ml	197	400
Tiger Energy drink zero	500 ml	9	400
Big Shock Original	500 ml	220	400
Semtex Energy	500 ml	211	400
Monster	500 ml	201	400

V roce 2009 EFSA vydala prohlášení o použití taurinu a D-glukurono-gama-laktonu jako složek energetických nápojů. Bylo stanoveno, že obsah 1000 mg taurinu/kg tělesné hmotnosti je bezpečnou hranicí bez výskytu nežádoucích účinků (Aguilar et al. 2009). Německo již v roce 2010 předložilo návrh Evropské komisi, ve kterém byly stanoveny limity pro energetické nápoje. Prvně byl definován energetický nápoj a jeho obsah na limitních 320 mg/l kofeinu, taurin 4000 mg/l, inositol 200 mg/l a 2400 mg/l glukuronolakton (Ministerstvo zemědělství 2010). Tyto hodnoty odpovídají hodnotám v energetických nápojích zaznamenaných v Tab. 6. Více informací o rizikovém množství taurinu u odlišných věkových kategorií lidí je podrobněji popsáno v kapitole 3.5.1.

3.4.2.2 Taurin v mateřském mléce

Pro vyvíjející se plod a novorozence je taurin velmi důležitý, protože sami si ho nejsou schopni vyrábět. Taurin je pro ně pouze esenciální aminokyselinou. Jsou závislí na příjmu od matky nejprve přes placentu a posléze mateřským mlékem (případně náhradou mateřského mléka). Pro potvrzení tohoto propojení byla studie schválena Institutional Review Board Univerzity Keimyung. Při výzkumu byly těhotné ženy rozděleny do tří skupin (viz. Tab. 7): s nízkým obsahem přijímaného taurinu (<60 mg), středním (60–120 mg) a vysokým (>120 mg). Narozené děti těhotných matek měly parametry odpovídající hodnotám uvedeným v Tab. 7 (Jung & Choi 2019).

Tab. 7 Přenosu taurinu z matky na plod (novorozence) (Jung & Choi 2019)

Rozdělení skupin	nízká	střední	vysoká
Denní příjem taurinu u těhotné ženy	<60 mg	60–120	>120 mg
Parametry narozených dětí			
Tělesná hmotnost	3,16 kg	3,20 kg	3,37 kg
Výška	49,8 cm	49,9 cm	51,1 cm

Studie potvrdila podle výsledků z Tab. 7 příjem taurinu propojením matky a plodu při těhotenství na základě hmotnosti a výšky narozeného dítěte. Novorozenec, který se narodil matce s nižším množstvím taurinu během těhotenství, měl prokazatelně nižší hmotnost i výšku. Rodičkám s vyšším obsahem taurinu v těhotenství se narodilo dítě s vyšší hmotností i výškou (Jung & Choi 2019).

Taurin od matky pro plod není důležitý jen pro hmotnost a výšku. Jeho hladina určuje funkci sítnice i přenos nervových vzruchů a následně signálů v nervové soustavě. Nedostatek taurinu se vyskytuje v těhotenství u žen, které drží nízkobílkovinou dietu, diabetiček, vegetariánek, veganek, a dalších forem omezení příjmu taurinu stravou. U matek diabetiček a držících nízkobílkovinou dietu bylo zjištěno, že jejich potomci mají v dospělosti příznaky poruch glukózové tolerance a snížené schopnosti reakce tkání na inzulin neboli inzulinovou rezistenci. Obojí vede k onemocnění možnému rozvinutí diabetu (Aerts & Van Assche 2002). S nedostatkem taurinu se též v dospělosti pojí vysoké riziko kardiovaskulárních onemocnění a onemocnění ledvin (Roysommuti & Wyss 2014). Taktéž extrémní výkyvy hmotnosti jako jsou podvýživa ani obezita nejsou vhodné pro správný přísun taurinu jak plodu tak novorozenci (Tochitani 2017).

Proto, aby byl příjem taurinu v období těhotenství a kojení u matky dostatečný, začaly se vyrábět doplňky stravy s obsahem taurinu. V roce 1984 proto FDA (Úřad pro kontrolu potravin a léčiv) schválila suplementaci kojenecké výživy taurinem (Klikarová 2020). Pokud by ovšem v perinatálním období došlo k jeho nadužívání, mohlo by u těhotné matky dojít k nadbytečnému množství taurinu, což může ovlivnit ve vyšší míře funkci a onemocnění orgánů u jejího dítěte (Lerdweeraphon et al. 2017).

Na trhu existují různé druhy kojeneckých a batolecích mlék. Například Nutrilon, Sunar, Kendamil, Hipp nebo Beba od značky Nestlé. Použitím elektroforetické metody (kapilární izotachoforéza a kapilární zónová elektroforéza) bylo zjištěno, že Nutrilon obsahuje $35,1 \pm 1$ mg/100 g taurinu (Kvasnička & Rajchl 2021).

Ze všech studií vlivu taurinu na plod, novorozence a děti můžeme říci, že pokud je hladina taurinu nízká u matky, tak tomu je i u jejího potomka. Platí to i v opačném případě. Vysoká hladina taurinu u matky rovná se vysoké hladině u plodu nebo novorozence.

3.5 Doporučené dávky

Výzkumy definují, že člověk stravou přijme 40–400 mg taurinu za den. Z toho je endogenní příjem 50–125 mg/den. Doporučená dávka se liší v závislosti na věku, denní zátěži, zdravotním stavu či délce užívání (Granum et al. 2018). V následujících studiích jsou přesné hodnoty určující dávku taurinu v závislosti na již zmíněných podmínkách.

Poněvadž je taurin v potravě obsažen zejména v mase, rybách a mléčných výrobcích, je důležité hlídat hladinu taurinu převážně u vegetariánů a veganů, kteří tyto potraviny odmítají konzumovat. Všežravci přijmou odhadem 123 mg taurinu denně, kdežto u laktovegetariánů bylo zjištěno pouhých 17 mg taurinu denně a u vegetariánů méně jak 1 mg taurinu/den (Laidlaw et al. 1988; Stapleton et al. 1997). S podobným problémem se setkávají i starší lidé, u kterých dochází k přirozenému poklesu taurinu a procesu stárnutí. V obou případech je možné zvolit nějaký suplement. Je ale nutné zmínit, že každý doplněk stravy může individuálně ovlivnit již konzumované léky či fyzický stav. Proto je vždy lépe svůj zdravotní stav konzultovat s lékařem. O bezpečné dávce taurinu podle EFSA je zmiňováno v kapitole 3.4.2.1.

3.5.1 Studie rizikového množství

Ve většině studií o taurinu na lidech se vědci zabývají převážně pozitivními účinky. Jednou z výjimek i když například studie norských vědců z Norwegian Scientific Committee (vědecký výbor pro bezpečnost potravin) se na žádost NFSA (Národní úřad pro bezpečnost potravin) zaměřila na případné rizikové množství v doplňcích stravy a energetických nápojích obsahujících taurin. Byla prováděna u dětí (ve věku 3–10 let a 10–14 let), dospívajících (ve věku 14–18 let) a dospělých (≥ 18 let). Koncentrace podávaného taurinu byla stanovena v doplňcích stravy dle Tab. 8 a Tab. 9. Výsledky studie doplňků stravy a energetických nápojů bylo vyhodnoceno na základě limitující hodnoty 21 mg/kg tělesné hmotnosti. U výsledných hodnot všech věkových kategorií nemá denní koncentrace taurinu pod 21 mg/kg tělesné hmotnosti nepříznivé zdravotní účinky. Pakliže by výsledné hodnoty převýšily limitní hodnotu, hrozilo by zde riziko zdravotních komplikací. Denní koncentrace taurinu 2000 mg/den u potravinových doplňků může způsobit zdravotního rizika u všech věkových kategorií (Granum et al. 2018).

Tab. 8 Odhadovaný denní příjem taurinu u doplňků stravy (Granum et al. 2018)

Věk	Denní koncentrace taurinu v mg/den				
	750	800	900	1000	2000
3–10 let	–	–	–	–	–
10–14 let	17,3	18,4	20,7	23,0	46,1
14–18let	12,2	13,1	14,7	16,3	32,6
≥18 let	10,7	11,4	12,9	14,3	28,6

U průměrného chronického režimu by zdravotně ohrožující neměla být žádná z uvedených koncentrací taurinu/den (viz Tab. 9). Výbor pro bezpečnost potravin z těchto výsledků stanovil, že vysoký chronický příjem může být život ohrožující ve všech koncentracích pro děti ve věku 3–10 let. U ostatních věkových kategorií tomu už tak není (Granum et al. 2018).

Tab. 9 Odhadovaný denní příjem taurinu z energetických nápojů (Granum et al. 2018)

Průměrný chronicky pitný režim				
Věk	Spotřeba energetického nápoje v ml/den	Denní koncentrace taurinu v mg/ml		
		300	350	400
3–10 let	58	7,5	8,8	10,0
10–14 let	65	4,5	5,2	6,0
14–18let	64	3,1	3,7	4,2
≥18 let	71	3,0	3,6	4,1

Vysoký chronický pitný režim				
Věk	Spotřeba energetického nápoje v ml/den	Denní koncentrace taurinu v mg/ml		
		300	350	400
3–10 let	163	21,2	24,7	28,2
10–14 let	180	12,4	14,5	16,6
14–18let	211	10,3	12,0	13,8
≥18 let	320	13,7	16,0	18,3

Veškeré energetické nápoje uvedené na trhu nabývají shodné hodnoty a to 400 mg taurinu/100 ml. To v celkovém množství jedné 250 ml plechovky dělá 1000 mg taurinu a v 500 ml pak 2000 mg. Proto by v běžné praxi děti do 10 let neměly konzumovat vůbec žádné energetické nápoje. U dospívající osob by se určitě nemělo jednat o pravidelnou konzumaci celých 250 ml a u dospělých by tomu nemělo být jinak. Rozhodně to neznamená, že by tato studie chtěla poukázat na nevhodnost taurinem v nápojích a stravě. V Tab. 9 je zaznamenáno množství taurinu v podávaném objemu energetického nápoje. Ve složení je totiž i vysoké

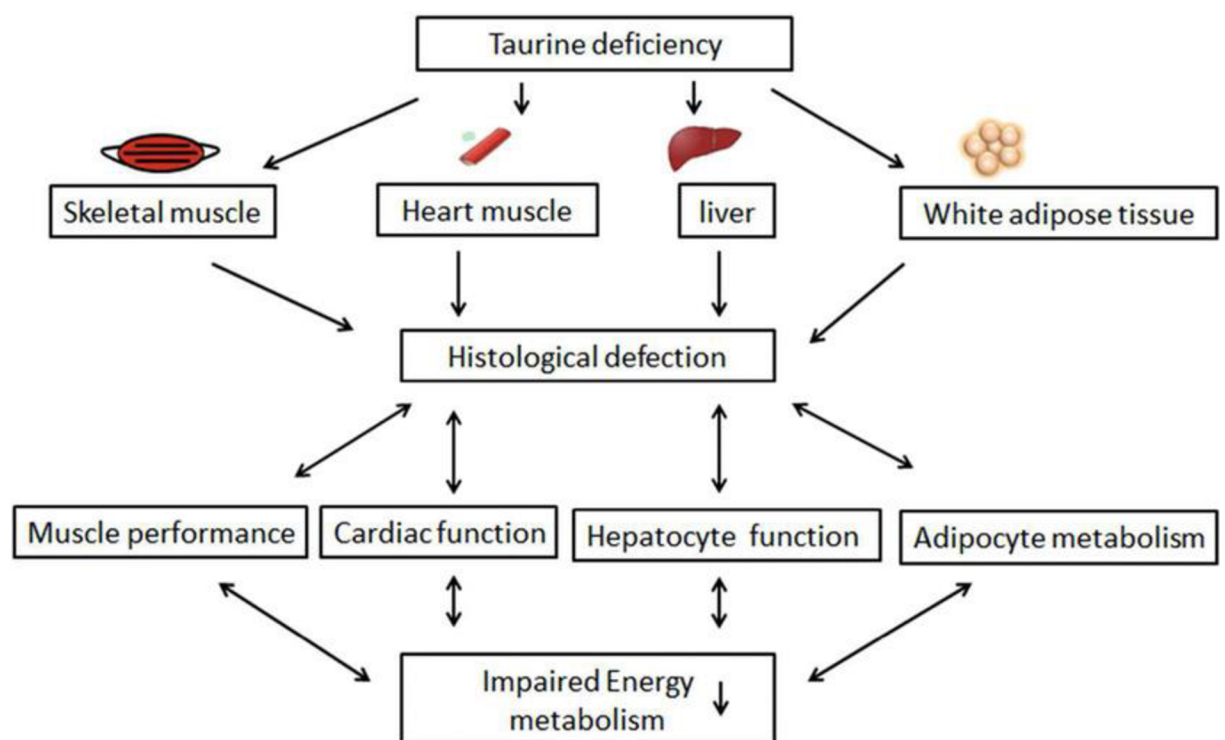
množství kofeinu a zbytečné jednoduché sacharidy. Společně s ostatními složkami proto můžeme tvrdit, že energetické nápoje spotřebitelem pité každý den, jsou lidskému tělu škodlivé. Na etiketách těchto nápojů se setkáváme i s upozorněním typu: „není vhodné pro děti a těhotné nebo kojící matky“ a „konzumujte s mírou“ (Lage-Yusty et al. 2019).

Zdroje o akutní toxicitě taurinu nebyly prozatím nikde prokázány (Granum et al. 2018). Existují však výzkumy, které pracují s množstvím 1–3 g taurinu/kg, ale i 6 g taurinu/kg tělesné hmotnosti. Každá se ovšem zabývá jiným použitím v praxi, kdy většina neuvádí jeho nežádoucí účinky.

3.5.2 Nedostatek taurinu

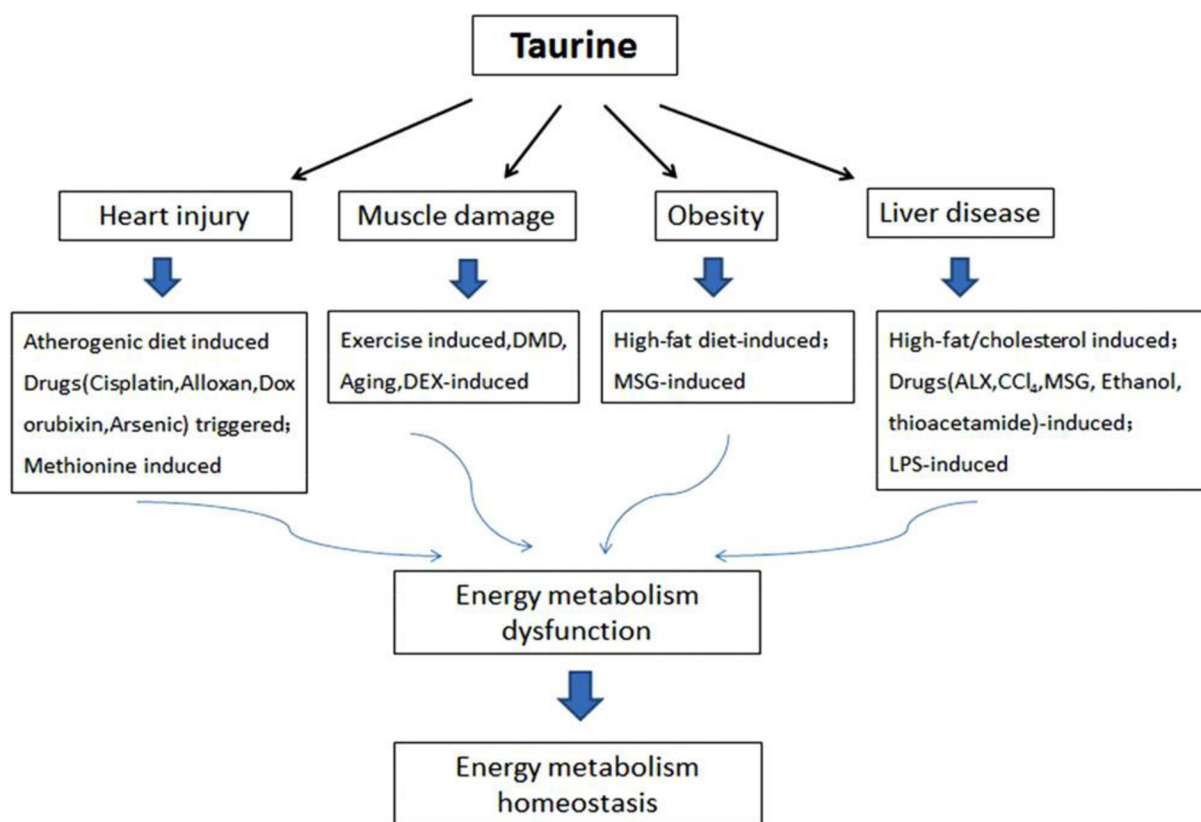
Koncentrace taurinu se odvíjí od mnoha faktorů. Závisí například na aktivitě biosyntetických enzymů a přenosu taurinu, onemocnění jater, věku, pohybu a některých dietách (vysokotučná dieta, dieta s vysokým/nízkým obsahem bílkovin, atd.). Přenašeč taurinu neboli taurinový transportér zajišťuje příjem z extracelulárního do intracelulárního prostoru. Díky němu je jeho hladina v nitrobuněčném prostoru dostatečná (Wen et al. 2019).

Nedostatek taurinu může zapříčinit nerovnováhu v energetickém metabolismu kosterního svalu, srdce, jater a tukové tkáně (viz Obr. 6). Nejprve dojde k histologickému poškození tkáně, což se začne projevovat na její funkci, až dojde ke zhoršení energetického metabolismu (Wen et al. 2019).



Obr. 6 Důsledky nedostatku taurinu (Wen et al. 2019)

Doplněním taurinu u patologických onemocnění můžeme částečně obnovit dysfunkce energetického výdeje (viz Obr. 7). Taurin napomáhá obnově homeostázy metabolismu, který je narušen léky, při léčení onemocnění nebo některou z uvedených diet (Wen et al. 2019).



Obr. 7 Patologické podmínky pro využití taurinu (Wen et al. 2019)

3.6 Taurin a různá metabolická či jiná onemocnění a poruchy

Taurin je svými vlastnostmi důležitý pro prevenci zdravotních problémů. Proto je jeho nízká hladina povětšinou spojována s různými zdravotními komplikacemi. Příkladem může být oční onemocnění (degenerace sítnice), u dětí závažné zpomalení růstu, kardiovaskulární onemocnění (kardiomyopatie – dilatační, hypertrofické, atd.), hypercholesterolemie, epilepsie, Alzheimerova choroba, alkoholismus a diabetes mellitus (Michálková 2019).

Přehled účinků taurinu při rozdílných zdravotních onemocněních je uveden v Tab. 10. Je zde uvedeno i dávkování a doba výzkumů. Důkazem vlivu taurinu na patologické stavy pacientů jsou studie, které zaznamenávají změny mezi intracelulární hladinou taurinu v kosterním svalu a různými patofyziologickými stavy. Příkladem těchto stavů může být svalová atrofie, dystrofie či senescence (stárnutí), která si žádá suplementaci taurinu potravou či doplňky stravy. U některých studií je důležité ještě potvrdit léčebné účinky nejen na zvířatech, ale také na lidech. Klinické studie na lidech s patologickými příznaky (například *diabetes mellitus*, kardiovaskulární či neurologické onemocnění, atd.) potvrdily, že léčba taurinem má význam (Luca et al. 2015).

Tab. 10 Klinické použití taurinu u různých patofyziologických stavech (Luca et al. 2015)

Studie	Pacient s	Dávka taurinu [g/kg nebo mg/kg]
	Doba trvání	Výsledek suplementace taurinu
(Franconi et al. 1995)	Diabetes mellitus 1. typu	1,5 g
	90 dní	Suplementací zvýšena koncentrace taurinu v plazmě i krevních destičkách.
(Chauncey et al. 2003)	Diabetes mellitus 2. typu	3 g
	4 měsíce	Hladina taurinu v plazmě se zvýšila.
(Brons et al. 2004)	Nadváha bez diabetu mellitu	1,5 g
	8 týdnů	Žádný efekt.
(Xiao et al. 2008)	Nadváha bez diabetu mellitu	3 g
	2 týdny	Žádný vliv na vylučování inzulínu Zlepšila se citlivost na inzulín.
(Moloney et al. 2010)	Diabetes mellitus 1. typu	1,5 g
	2 týdny	Zlepšení nalezených abnormalit v cévním řečišti u mužského pohlaví.
(Rosa et al. 2014)	Obezita	3 g/den
	8 týdnů	Zvýšení plazmatických hladin taurinu a adiponektinu; snížení zánětlivých markerů.
(Fujita et al. 1987)	Hypertenze	6 g
	7 dní	Systolický a diastolický tlak se zlepšil.
(Azuma et al. 1985)	Městnavé srdeční selhání	6 g
	4 týdny	Srdeční parametry se zlepšily.
(Bergamini et al. 1974)	Epilepsie	150–200 g
	Rozličné	Snížení frekvence záchvatů.
(Durelli et al. 1983)	Myotonická dystrofie	6–10 g
	6 měsíců	Zlepšení myotonických příznaků.
(Dunn-Lewis et al. 2011)	Stáří	500 mg v doplňcích stravy
	4 týdny	Zlepšila se fyzická funkce.

3.6.1 Diabetes mellitus

Existuje spousta studií, které se shodují nad významnou rolí taurinu při překonávání inzulínové rezistence u zvířat, která měla *diabetes mellitus* 1. a 2. typu. Konkrétně se jedná o zabránění mikroangiopatie neboli poškození drobných krevních cév (tepen a tepének). Ta má za následek poruchu krevního průtoku v dané oblasti. Příčinou mikroangiopatie je dlouhodobě přetrvávající hyperglykémie neboli vysoká hladina cukru (glukózy) v krvi a je typická právě pro *diabetes mellitus* (Ripps & Shen 2012).

Ještě v roce 2004 si vědci pokládali otázku, zda je tomu opravdu tak, že má taurin kladný vliv na léčbu diabetu mellitu, nejen u zvířat ale i u lidí. K potvrzení tohoto faktu bylo zapotřebí ještě řady dalších výzkumů. Studie u 20 obézních pacientů s vysokým rizikem propuknutí diabetu mellitu 2. typu totiž tak příznivé výsledky bohužel neměla. Bylo prokázáno,

že podávání 1,5 g taurinu po dobu 8 týdnů nemá žádný vliv na sekreci inzulínu ani na jeho citlivost (Brøns et al. 2004). Ovšem novější studie již dokládají, že suplementace taurinu může zamezit rozvoji diabetu mellitu 2. typu i jeho obtížím (Sak et al. 2019). Taurin má také vliv na homeostázu glukózy, kdy jeho nedostatek může způsobovat metabolickou poruchu a následný rozvoj diabetu mellitu (Sirdah 2015). Pokles hladiny taurinu může být způsoben již zmíněným diabetem. Toto tvrzení podkládá studie, které se zúčastnilo 59 pacientů s diabetes mellitus 2. typu a 28 zdravých probandů jejichž věk byl v rozmezí 32–82 lety. Dalším nejčastějším onemocněním pacientů byla hypertenze a neuropatie (poruchy periferních nervů). Při zjišťování koncentrace plazmatického taurinu vyšly nižší hodnoty taurinu u diabetiků a pacientů s hypertenzí ($0,6 \pm 0,1$ mmol/l) stejně jak u kontrolní skupiny zdravých pacientů ($0,8 \pm 0,2$ mmol/l) (Sak et al. 2019).

3.6.2 Obezita

Obezita je definována jako nerovnováha mezi příjmem a výdejem energie s nadměrným hromaděním tuku (Wen et al. 2019). Důsledkem obezity je vysoký oxidační stres, který je zapříčiněn zvýšenou hladinou markerů peroxidace lipidů a sníženou hladinou antioxidantů. Možnými příčinami vzniku obezity mohou být zintenzivněná spotřeba kyslíku a rychlost buněčného dýchání, zvýšená hladina lipidů a volných mastných kyselin v tkáních, již zmíněný nedostatečný antioxidační obranný systém, či hyperglykémie (vysoká hladina krevního cukru v těle). Oxidační stres a zánětlivé reakce jsou spojovány i s inzulínovou rezistencí, z čehož se může rozvinout diabetes mellitus 2. typu. Studie se zaměřila na účinky taurinu a jeho případnou vliv na oxidační stres, zánětlivé reakce a homeostázu glukózy u obézních žen spojenou s nutričním poradenstvím. Výsledky byly ve všech směrech pozitivní. Došlo k významnému zvýšení taurinu a adiponektinu v plazmě, snížení zánětlivých markerů a celkově k snížení hmotnosti o cca 3%. Adiponektin je hormon ovlivňující řadu metabolických procesů v těle, příkladem může být regulace glukózy a katabolismus mastných kyselin. Závěr po osmitýdenní suplementaci taurinu je jeho pozitivní vliv u obézních žen na snížení peroxidace lipidů a zvýšení adiponektinu (Carvalho et al. 2021; Rosa et al. 2014).

3.6.3 Hypertenze

Hypertenze je chronická hladina krevního tlaku nad 140/90 mmHg (Baliou et al. 2021). Taurin poskytuje prevenci ale i snižuje hypertenzi. Toto tvrzení bylo prokázáno při testech na potkanech v závislosti aplikace na lidech, kde bylo v potravě a pitné vodě podáváno vyšší množství NaCl. Tento postup se běžně používá k zvýšení arteriálního tlaku. Závěrem je ještě dobré zmíněn prospěšný účinek taurinu na arteriální tlak v hypertenzních situacích (Suwanich et al. 2013).

3.6.4 Poškození sítnice

K poškození sítnice dochází z důvodu oxidačního stresu. K tomu dochází ve chvíli, kdy není dodržena rovnováha mezi vznikajícími reaktivními volnými kyslíkovými radikály a látkami, které mají antioxidační účinky a tyto radikály neutralizují, odbourávají a snaží

se je kompenzovat. Volné radikály může organismus přijímat z endogenních a exogenních zdrojů. Radikály vznikají v organismu například odštěpením elektronů v průběhu dýchacího řetězce, při buněčném dýchání, kdy vznikají superoxidové anionty (O_2^{\bullet}) pomocí jednoelektronové redukce molekulárního kyslíku s elektrony dodávanými NADPH. Mezi exogenní zdroje patří UV záření, ionizační záření, znečištění ovzduší a vody, tabák, alkohol, drogy, vaření (např.: při smažení) (Liguori et al. 2018).

Látky, které nám pomáhají bránit oxidačnímu stresu zachycením volných kyslíkových radikálů, jsou antioxidanty jako například karotenoidy, flavonoidy, třísloviny fenolové antioxidanty, vitamíny (C, E), některé sloučeniny selenu nebo zinku, které se nacházející v ovoci a zelenině, cizrně, čočce, sójových bobech, hrachu, arašídech, atd. (Pisoschi et al. 2021).

Právě i taurin je jedním z antioxidantů, u kterého byly zjištěny pozitivní účinky jak při prevenci tak i při léčbě onemocnění. Jedním z nich může být retinopatie, u které jsou poškozené cévy vyživující sítnici. Narušení sítnice, ať už nedostatečným zásobováním kyslíkem, živinami nebo otokem sítnice může vést až k slepotě. Stejně tak i glaukom (zelený zákal) nebo makulární degenerace (Castelli et al. 2021).

U potkanů bylo zajištěno v sítnici 50 mmol taurinu/g tkáně, což je nejhojnější místo výskytu v oblasti oka a mozku. Proto nedostatku taurinu v kónických (kuželovitých) fotoreceptorech může vést až k degeneraci fotoreceptorů. Dostatečné množství taurinu napomáhá zamezit či omezit činnost neurodegenerace sítnice (Castelli et al. 2021).

Roku 1969 John Olney et al. dokázali neurotoxické účinky glutamátu sodného při jeho abnormálně vysokých hodnotách v intersticiálních tekutinách (tkáňový mok). Protože tkáňový mok je tekutina, která proniká všemi tkáněmi a vyplňuje prostor mezi buňkami, dostává se společně s živinami a kyslíkem k buňkám. V tomto případě došla studie k závěru, že je zde možnost poškození neuronů a sítnice. Jak už bylo uvedeno výše, jako jedno z nejlepších řešení se jeví taurin, který chrání distální (okrajovou) sítnici před toxickou hladinou glutamátu sodného. Glutamát se často používá jako dochucovadlo v asijské kuchyni, ale je i součástí hub, některých sýrů (např. parmazánu), zralých rajčat, sójových omáček či polévkového koření (Ripps & Shen 2012). V roce 2017 EFSA zveřejnila nové hodnocení bezpečnosti glutamátů, ve kterém stojí, že nejvýše přijatelná denní dávka je 30 mg/kg tělesné hmotnosti (Mortensen et al. 2017).

3.6.5 Onemocnění ledvin

Už v roce 1995 bylo zjištěno, že taurin napomáhá zlepšit diabetickou nefropatii tím, že snižuje peroxidaci lipidů (poškození vyšších mastných kyselin) a zabrání hromadění konečných produktů pokročilé glykace v ledvinách. Látky vznikají neenzymatickou glykací vlivem karbonylového stresu. Ten vzniká při zvýšené tvorbě nebo sníženém odbourávání či vylučování karbonylových sloučenin. Samotná glykace probíhá i u zdravých lidí. Ovšem jakmile se v krvi hladina cukru zvyšuje, roste i jeho vazba na proteiny. V důsledku toho se utváří škodlivé molekuly, kterým se říká produkty pokročilé glykace. Tato studie proběhla zatím pouze na zvířatech, a proto ještě nemohly být podklady k účinné terapii použity i u lidí

(Ripps & Shen 2012). Ke stejnému závěru došla i novější studie. Taurin pomáhá poruchám ledvin svými osmoregulačními účinky ve spojení se signálními drahami a renin-angiotenzin-aldosteronovým systémem, který má funkci regulátoru fyziologické homeostázy (Baliou et al. 2021). Poskytuje ochranu nejen výše zmíněné nefropatii, ale i dalším dysfunkcím ledvin, kterými jsou glomerulární a tubulární poruchy, chronické onemocnění ledvin nebo proteinurii (větší množství bílkovin v moči přesahující 150 mg/24 h) (Baliou et al. 2021).

3.6.6 Epilepsie

Epilepsie je celosvětové chronické neurologické onemocnění mozku, kterým trpí kolem 65 miliónu lidí. Projevuje se záchvaty, které přichází náhle a mohou se opakovat (Moshé et al. 2015). Léčba 150 mg taurinu za den měla u myši proti záchvatům anti epileptické účinky, které byly vyvolány kyselinou kainovou. Přirozeně se tato řasa vyskytuje i v některých druzích mořských řas. Oproti tomu studie s preventivní dávkou taurinu 100 mg/den nedokázala snížit oxidační stres vyvolaný pilokarpinem, který se jinak využívá k léčbě zeleného zákalu v očních kapkách (Jakaria et al. 2019). Studie z Tab. 10 došla k závěru, že taurin je vhodný k léčbě mladých pacientů s častými záchvaty. Patnácti pacientům obou pohlaví ve věkovém rozmezí 6–32 let bylo podáváno 150–200 mg taurinu/kg denně po dobu 10 dnů a poté jednou týdně do limitu 50 dní. U většiny pacientů nejprve záchvaty vymizely a EEG (akutní elektrická aktivita mozku) se zlepšilo. Ovšem v druhé polovině se stavy před dávkováním taurinu vrátili. Pouze 4 pacientům vydržely pozitivní účinky až do konce studie (Bergamini et al. 1974). Záchvaty se od sebe liší tím, kdo je vyvolává. Proto nelze říci, že taurin bude mít vždy stejně účinný efekt na záchvat odlišného typu. Lišit se bude i v účinné dávce (Moshé et al. 2015).

3.7 Taurin ve sportu

Během vykonávání jakéhokoliv intenzivním zátěže, jako je například sportu, dochází přirozeně ke vzniku volných radikálů a oxidačnímu stresu, díky čemuž může být ohrožen výkon sportovce. Při nadměrné produkci volných radikálů je riziko poškození buněk velmi vysoké. Aby k tomu nedocházelo, je dobré v buňkách udržovat hladinu antioxidantů, jimiž může být například taurin. Sportovci po cvičení doplňují taurinu jako prevenci oxidačnímu stresu kvůli jeho silným antioxidačním účinkům (Carvalho et al. 2017). Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách.

V minulosti došlo k mylné domněnce, že pro nejefektivnější přenos a maximální využití (ergogenický efekt) musí být taurin přijímán společně s kofeinem. Studie však tento již chybný předpoklad vyvrátila a zjistila, že taurin má stále pozitivní efekt, i když je podáván samostatně (Carvalho et al. 2021).

Vliv taurinu na vytrvalostní schopnosti lidí při jeho dávce 1–6 g lze hodnotit pozitivně. Ovšem je nutné vzít v potaz zdravotní stav dobrovolníka podstupujícího výzkum. Z většiny studií totiž vyplývá, že taurin nemá přílišný vliv na zdravé a současně fyzicky zdatné jedince v porovnání s nemocnými a zdravotně omezenými. Toto tvrzení vyplývá ze studie, která

se zaměřila na souhrn účinků taurinu z různých zdrojů, které by mohly mít u lidí potenciální význam na výkon při vytrvalostní zátěži. Dávky taurinu byly podávány perorálně (ústí) po dobu až dvou týdnů. Věkový rozdíl a zdravotní stav probandů byl velice široký. Proto je v následujících odstavcích podrobnější popis studií ze souhrnné Tab. 11. Ani u jediné studie nebyly zjištěny nežádoucí účinky taurinu (Waldron et al. 2018).

Nápoje obsahující kofein a taurin (například energetické nápoje) jsou ve společnosti vnímány jako „povzbuzovače“, kteří dokáží zvýšit fyzickou a psychickou výkonnost. Na to, jestli tomu opravdu tak je, se zaměřila první studie z Tab. 11. Výzkum dobrovolně podstoupilo čtrnáct zdravých vojáků v průměrném věku 20 let, kterým bylo podáno 5 druhů nápojů. Jednalo se o placebo vzorek, nápoje s 80 mg kofeinu, nápoj s 1000 mg taurinu, nápoje kombinovaný s 80 mg kofeinu a 1000 mg taurinu a jako posledním vzorek byl komerční nápoj Red Bull. Vojáci podstoupili soubor měření, který obsahoval test na kardiorespirační zdatnost (maximální tepovou frekvenci), na koncentraci, paměť, vertikální výskok a v neposlední řadě test na délku zapojení svalů beze změny, při které dochází k zvětšení maximální síly. Muži byly měřeni před zahájením výzkumu, během něho i po něm. Výsledným zjištěním bylo, že jednotlivé druhy nápojů mezi sebou nemají nijak odlišné hodnoty, a tudíž jsou do statistiky nevýznamné. Ani příslušná dávka 80 mg kofeinu a 1000 mg taurinu neměla nijak velký význam na fyzický a psychický výkon mladých vojáků (Kammerer et al. 2022).

Oproti tomu ve studii Ahmadiana et al. (2017), které se zúčastnilo 16 pacientů se sklony k srdečnímu selhání ve věku kolem 60 let, taurin při dávkování třikrát denně 500 mg po cvičení zlepšuje fyzickou a snižuje kardiovaskulární funkci. Studie podporuje i tvrzení, že taurin má kladný vliv na celkovou srdeční činnost. Taktéž bylo vytvořeno vstupní vyšetření jako podklad pro srovnání výsledků. Někteří pacienti trpěli nižším systolickým tlakem oproti optimálnímu (< 120 mmHg), vyšším diastolickým tlakem než 95 mmHg, zánětlivým onemocněním srdeční svaloviny a jeho obalu, či měli přístroj kardioverter (defibrilátor pro léčbu srdeční arytmie). Pacienti byly rozděleni do dvou skupiny, kde jedné skupině byla podávána placebo dávka a druhé již zmíněné množství 500 mg taurinu třikrát denně po dobu dvou týdnů. Zátěž byla vyvolána na běžeckém páse při zvyšujících se rychlostech (Ahmadian et al. 2017).

V neposlední řadě EFSA ve svém tvrzení z roku 2011 nestanovuje vztah příčiny a účinku mezi konzumací taurinu a zpožděním nástupu fyzické únavy během cvičení (EFSA Panel on Dietetic Products 2011).

Tab. 11 Účinky taurinu při vytrvalostní činnosti (Waldron et al. 2018)

Studie	Doba trvání	Dávka taurinu [g/kg nebo mg/kg]
	Testovaný subjekt	Typ výkonu
(Kammerer et al. 2022)	45 minut před cvičení	1 g (jednorázová dávka)
	Muži, zdraví, vojáci Věk: 20 ± 1 rok	Fitness testy
	Žádné zvýšení fyzické a poznávací schopnosti u lidí v období plné dospělosti.	
(Miloni et al. 2016)	1,5 hodiny před cvičení	6 g (jednorázová dávka)
	Muži, zdraví, rekreační trénování Věk: 25 ± 6 let	Vysoce intenzivní běžecká zkouška až do bodu vyčerpání
	Podání taurinu před zátěží nijak nezlepšilo výkonnost při zátěži.	
(Ward et al. 2016)	2 hodiny před cvičení	1 g (jednorázová dávka)
	Muži, zdraví, dobře trénování sportovci Věk: 34,6 ± 11,5 let	4 km na kole
	Jeden gram taurinu před cvičením pozitivně neovlivnil časovou zkoušku.	
(Ahmadian et al. 2017)	14 dní	1,5 g (3 x 500 mg/den)
	Neuvedeno, starší, pacienti se srdečním selháním Věk: 60,1 ± 65,4 let	3 x Wingate opakovaný sprint Běžecký pás
	Taurin zlepšil fyziologické a snížil kardiovaskulární funkce po cvičení.	
(Warnock et al. 2017)	1,5 hodiny před cvičení	50 mg (jednorázová dávka)
	Muži, zdraví, rekreační trénování 20,8 ± 0,9 let	Zátěžové testy
	Došlo ke zlepšení výkonu podáním taurinu ve srovnání s kofeinem a placebem a snížení srdeční frekvence a regulaci krevního tlaku.	

4 ZÁVĚR

Studiem vědecké literatury byly zjištěny vlastnosti taurinu, jeho účinky, význam, metabolismus, zdroje, doporučené dávkování, souvislost s onemocněními a význam ve sportu. Taurin svou strukturou je označován jako aminosulfonová kyselina, která se od aminokyselin liší svou sulfonovou skupinou. Taurin můžeme považovat jak za esenciální tak i neesenciální, proto se můžeme v literatuře setkat s označením „podmíněně“ esenciální. Například pro novorozence, kočky, lišky je plně esenciální, protože si ho sami nedokážou syntetizovat z důvodu nedostatku enzymu cystein dioxygenázy a cysteinsulfínát dekarboxylázy. Neesenciální taurin je syntetizován z methioninu a cysteinu. Přenos taurinu na místo určení pomáhá zprostředkovávat taurinový transportér.

Od objevení taurinu uplynulo téměř 200 let a za tu dobu bylo také objeveno velké množství jeho vlastností a účinků. Význam taurinu je v jeho antioxidačních a protizánětlivých účincích, ovlivňuje hladinu vápníku v buňkách nebo je velmi podobný svými účinky neurotransmitterům.

Endogenní zdroje taurinu jsou převážně živočišného původu. U rostlin se taurin vyskytuje pouze stopově a dalo by se říci, že až zanedbatelně. Proto mají vegetariáni problém s přirozeným příjmem taurinu z běžné stravy. Bohatým zdroj taurinu mohou být ryby, korýši a zejména pak měkkýši. Nejvyšší obsah taurinu byl zjištěn u hřebenatky a mušle *Abalone*, kde se jeho obsah pohyboval okolo 1 g/100 g.

Potravou pro novorozence je mateřské mléko, které je hlavním energetickým zdrojem pro jejich správný vývoj.

I přes varování odborníků na zdraví je taurin velmi často nesprávně konzumován ve formě energetických nápojů, kde spotřebitel navíc přijímá vysoké dávky kofeinu, a především pak glukózy. Taurin spolu s dalšími složkami v těchto nápojích plní úkol podpory koncentrace a oddálení fyzické únavy.

Zatím ještě nebyly dostatečně prozkoumány možné negativní či dokonce toxické účinky nadbytku taurinu ve stravě, nicméně tato skutečnost otvírá dveře dalším výzkumníkům na poli stravy. Naopak nedostatek taurinu ve stravě byl celou řadou studií spojen se zvýšeným rizikem vzniku zdravotních obtíží. Studie zaznamenaly pozitivní vliv taurinu při léčbě *diabetes mellitus*, epilepsie, obezity, hypertenze, poškození sítnice, onemocnění ledvin a jater.

Taurin se také hojně využívá ve sportovním prostředí, kde má převážně za úkol podpořit regenerační funkce, ale částečně i zvyšovat fyzickou a psychickou výkonnost. Při intenzivní zátěži dochází ke zvýšenému vzniku volných radikálů a oxidačnímu stresu ohrožující výkon sportovce. Taurin je jedním z antioxidantů, kteří pomáhají těmto stavům zamezit.

5 SEZNAM LITERATURY

- Aerts L, Van Assche FA. 2002. Taurine and taurine-deficiency in the perinatal period. *Journal of Perinatal Medicine*. **30** (4):281–286.
- Aguilar F, et al. 2009. The use of taurine and D-glucurono-gamma-lactone as constituents of the so-called “energy” drinks. *EFSA Journal*. 7:935.
- Ahmadian M, Dabidi Roshan V, Ashourpore E. 2017. Taurine Supplementation Improves Functional Capacity, Myocardial Oxygen Consumption, and Electrical Activity in Heart Failure. *Journal of Dietary Supplements*. **14** (4):422–432.
- Ali F, Rehman H, Babayan Z, Stapleton D, Joshi DD. 2015. Energy drinks and their adverse health effects: A systematic review of the current evidence. *Postgraduate Medicine*. **127** (3):308–322
- Armingol E, Officer A, Harismendy O, Lewis NE. 2021. Deciphering cell–cell interactions and communication from gene expression. *Nature Reviews Genetics*. **22** (2):71–88.
- Azuma J, et al. 1985. Therapeutic effect of taurine in congestive heart failure: A double-blind crossover trial. *Clinical Cardiology*. **8** (5):276–282.
- Baliou S, Adamaki M, Ioannou P, Pappa A, Panayiotidis MI, Christodoulou I, Spandidos DA, Kyriakopoulos AM, Zoumpourlis V. 2021. Ameliorative effect of taurine against diabetes and renal-associated disorders (Review). *Medicine International*. **1** (2):1–19.
- Baliou S, Kyriakopoulos AM, Goulielmaki M, Panayiotidis MI, Spandidos DA, Zoumpourlis V. 2020. Significance of taurine transporter (TauT) in homeostasis and its layers of regulation. *Molecular Medicine Reports*. **22** (3):2163.
- Barrento S, Marques A, Teixeira B, Vaz-Pires P, Nunes ML. 2009. Nutritional Quality of the Edible Tissues of European Lobster *Homarus gammarus* and American Lobster *Homarus americanus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **57** (9):3645–3652.
- Bergamini L, Mutani R, Delsedime M, Durelli L. 1974. First Clinical Experience on the Antiepileptic Action of Taurine. *European Neurology*. **11** (5):261–269.
- Brøns C, Spohr C, Storgaard H, Dyerberg J, Vaag A. 2004. Effect of taurine treatment on insulin secretion and action, and on serum lipid levels in overweight men with a genetic predisposition for type II diabetes mellitus. *European Journal of Clinical Nutrition* 2004 58:9. **58** (9):1239–1247.
- Carvalho FG, Galan BSM, Santos PC, Pritchett K, Pfrimer K, Ferriolli E, Papoti M, Marchini JS, de Freitas EC. 2017. Taurine: A potential ergogenic aid for preventing muscle damage and protein catabolism and decreasing oxidative stress produced by endurance exercise. *Frontiers in Physiology*. **8**:1–8.
- Carvalho FG, et al. 2021. Taurine supplementation associated with exercise increases mitochondrial activity and fatty acid oxidation gene expression in the subcutaneous white adipose tissue of obese women. *Clinical Nutrition*. **40** (4):2180–2187.
- Castelli V., Paladini A., d’Angelo M., Allegretti M., Mantelli F., Brandolini L., Cocchiario P., Cimini A., Varrassi G. 2021. Taurine and oxidative stress in retinal health and disease. *CNS Neuroscience and Therapeutics*. **27** (4):403–412.

- Chauncey KB, Tenner TE, Lombardini JB, Jones BG, Brooks ML, Warner RD, Davis RL, Ragain RM. 2003. The Effect of Taurine Supplementation on Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. **526**:91–96.
- Chiou TK, Tsai CY, Lan HL. 2004. Chemical, physical and sensory changes of small abalone meat during cooking. *Fisheries Science*. **70 (5)**:867–874.
- Chou CH, Chang YY, Tzang BS, Hsu CL, Lin, YL, Lin HW, Chen YC. 2012. Effects of taurine on hepatic lipid metabolism and anti-inflammation in chronic alcohol-fed rats. *Food Chemistry*. **135 (1)**:24–30.
- Dragnes BT, Larsen R, Ernstsens MH, Mæhre H, Elvevoll EO. 2009. Impact of processing on the taurine content in processed seafood and their corresponding unprocessed raw materials. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. **60 (2)**:143–152.
- Dunn-Lewis C, et al. 2011. A multi-nutrient supplement reduced markers of inflammation and improved physical performance in active individuals of middle to older age: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrition Journal*. **10 (1)**:1–10.
- Durelli L, Mutani R, Fassio F. 1983. The treatment of myotonia. *Neurology*. **33 (5)**:599-599-a.
- Dutka TL, Lamboley CR, Murphy RM, Lamb GD. 2014. Acute effects of taurine on sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ accumulation and contractility in human type I and type II skeletal muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*. **117 (7)**:797–805.
- EFSA Panel on Dietetic Products. 2011. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage (ID 1333, 1638, 1639, 1696, 2865), maintenance of normal blood HDL cholesterol concentrations (ID 1639), mainte. *EFSA Journal*. **9 (4)**:2033.
- Ehlers A, Marakis G, Lampen A, Hirsch-Ernst KI. 2019. Risk assessment of energy drinks with focus on cardiovascular parameters and energy drink consumption in Europe. *Food and Chemical Toxicology*. **130**:109–121.
- European Food Safety Authority. 2011. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to taurine and “immune system protection” (ID 611), “metabolism processes” (ID 613), contribution to normal cognitive function (ID 1659), maintenance of normal cardiac function (ID 1661), m. *EFSA Journal*. **9 (4)**:2035.
- Fang YJ, Chiu CH, Chang YY, Chou CH, Lin HW, Chen MF, Chen YC. 2011. Taurine ameliorates alcoholic steatohepatitis via enhancing self-antioxidant capacity and alcohol metabolism. *Food Research International*. **44 (9)**:3105–3110.
- Franco D, González L, Bispo E, Rodríguez P, Garabal I, Moreno T. 2010. Study of hydrolyzed protein composition, free amino acid, and taurine content in different muscles of galician blonde beef. *Journal of Muscle Foods*. **21(4)**:769-784.
- Franconi F, Bennardini F, Mattana A, Miceli M, Ciuti M, Mian M, Gironi A, Anichini R, Seghieri G. 1995. Plasma and platelet taurine are reduced in subjects with insulin-dependent diabetes mellitus: effects of taurine supplementation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. **61 (5)**:1115–1119.
- Froger N, et al.. 2014. Taurine: The comeback of a nutraceutical in the prevention of retinal degenerations. *Progress in Retinal and Eye Research*. **41**:44–63.

- Fujita T, Ando K, Noda H, Ito Y, Sato Y. 1987. Effects of increased adrenomedullary activity and taurine in young patients with borderline hypertension. *Circulation*. **75** (3):525–532.
- Gormley TR, Neumann T, Fagan JD, Brunton NP. 2007. Taurine content of raw and processed fish fillets/portions. *Eur Food Res Technol*. **225**:837–842.
- Granum B, Bruzell E, Hetland R, Husøy T, Rohloff J, Wicklund T, Steffensen IL. 2018. Risk Assessment of “Other Substances” – Taurine. *European Journal of Nutrition & Food Safety*. **8** (4):170–173.
- Hayes KC, Sturman JA. 1982. Pages 79–87 in Lee DH, Schaffer SW, Park E, Kim HW editors. *Taurine Deficiency: A Rationale for Taurine Depletion*. Springer, Dordrecht.
- Hou Y, He W, Hu S, Wu G. 2019. Composition of polyamines and amino acids in plant-source foods for human consumption. *Amino Acids*. **51** (8):1153–1165.
- Ip YK, Lau IY, Wong WP, Lee SLM, Chew SF. 2015. The african sharptooth catfish *clarias gariepinus* can tolerate high, Levels of ammonia in its tissues and organs during, Four days of aerial exposure. **78** (4):630–640.
- Jakaria M, Azaz S, Haque ME, Jo SH, Uddin MS, Kim IS, Choi DK. 2019. Taurine and its analogs in neurological disorders: Focus on therapeutic potential and molecular mechanisms. *Redox Biology*. (e101223) DOI: 10.1016/J.REDOX.2019.101223.
- Janečková M. 2020. Izotachoforetické stanovení biologicky aktivních látek - analýza léčivých přípravků a doplňků stravy [disertační práce]. Univerzita Pardubice, Pardubice.
- Jung YM, Choi MJ. 2019. Pages 283–292 in Crusio WE, Dong H, Radeke HH, Rezaei N, Steinleinová O, Xiao J editors. *Relation of Taurine Intake During Pregnancy and Newborns' Growth*. Springer, Dordrecht .
- Kammerer M, Jaramillo JA, García A, Calderin JC, Valbuena LH. 2014. Effects of energy drink major bioactive compounds on the performance of young adults in fitness and cognitive tests: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. **11**(1):44.
- Kataoka H, Ohnishi N. 1986. Occurrence of Taurine in Plants. *Agricultural and Biological Chemistry*. **50** (7):1887–1888.
- Kawashima K, Yamanaka H. 1996. Free amino acids responsible for the browning of cooked scallop adductor muscle. *Fisheries Science*. **62** (2):293–296.
- Kim S, Matsunari H, Takeuchi T, Yokoyama M, Furuita H, Murata Y, Goto T. 2008. Comparison of taurine biosynthesis ability between juveniles of Japanese flounder and common carp. *Amino Acids*. **35**:161–168.
- Klikarová J. 2020. Vývoj moderních analytických metod pro analýzu biologicky aktivních látek [disertační práce] Univerzita Pardubice, Pardubice.
- Konosu S, Watanabe K, Shimizu T. 1974. Distribution of nitrogenous constituents in the muscle extracts of eight species of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **40** (9):909–915.
- Kvasnička F, Rajchl A. 2021. Electrophoretic determination of taurine. *Journal of Chromatography*. (e462075) DOI: 10.1016/journal.chroma.2021.462075.

- Lage-Yusty MA, Villar-Blanco L, López-Hernandez J. 2019. Evaluation of caffeine, vitamins and taurine in energy drinks. *Journal of Food and Nutrition Research*. **58** (2):107–114.
- Laidlaw SA, Shultz TD, Cecchino JT, Kopple JD. 1988. Plasma and urine taurine levels in vegans. *The American Journal of Clinical Nutrition*. **47** (4):660–663.
- Laidlaw S, Grosvenor M, Kopple J. 1990. The taurine content of common foodstuffs. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. **14** (2):183–188.
- Lambert IH, Kristensen DM, Holm JB, Mortensen OH. 2015. Physiological role of taurine – from organism to organelle. *Acta Physiologica*. **213** (1):191–212.
- Lang F. 2007. Mechanisms and Significance of Cell Volume Regulation. *Journal of the American College of Nutrition*. **26**:613-623.
- Larsen R, Eilertsen KE, Mæhre H, Jensen IJ, Elvevoll EO. 2013. Taurine content in marine foods: beneficial health effects. Pages 249–268 in Hernandez-Ledesma B, Herrero M editors. *Bioactive Compounds from Marine Foods*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Larsen R, Elvevoll E O. 2008. Water uptake, drip losses and retention of free amino acids and minerals in cod (*Gadus morhua*) fillet immersed in NaCl or KCl. *Food Chemistry*. **107** (1):369–376.
- Larsen R, Stormo SK, Dragnes BT, Elvevoll EO. 2007. Losses of taurine, creatine, glycine and alanine from cod (*Gadus morhua L.*) fillet during processing. *Journal of Food Composition and Analysis*. **20** (5):396–402..
- Lerdweeraphon W, Wyss MJ, Roysommuti S. 2017. Pages 757-768 in Lee DH, Schaffer SW, Park E, Kim HW editors. *Perinatal taurine supplementation alters renal function via renin-angiotensin system overactivity in adult female rats*. Springer, Dordrecht.
- Liguori I, et al.. 2018. Clinical interventions in aging decrease oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*. **13**:757-772.
- Luca A, Pierno S, Camerino DC. 2015. Taurine: The appeal of a safe amino acid for skeletal muscle disorders. *Journal of Translational Medicine*. **13** (1):1–18.
- Luten J, Schram E, Elvevoll E. 2008. Tailor-made functional seafood for consumers: Dietary modulation of selenium and taurine in farmed fish. *Improving Farmed Fish Quality and Safety*. 343–362. doi: 10.1533/9781845694920.2.343.
- Lyndon AR, Davidson I, Houlihan DF. 1993. Changes in tissue and plasma free amino acid concentrations after feeding in Atlantic cod. *Fish Physiology and Biochemistry*. **10** (5):365–375.
- Manzi P, Pizzoferrato L. 2013. Taurine in milk and yoghurt marketed in Italy. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. **64**(1):112–116.
- Mateo-Fern M, Valenzuela-g F, Font RRM, Del Merinas-amo T, Alonso-moraga Á. 2021. In vivo and in vitro assays evaluating the biological activity of taurine, glucose and energetic beverages. *Molecules*. **26**(2198):1–22.
- Micháľková H. 2019. *Izotachoforetické stanovení taurinu [diplomová práce]*. Univerzita Pardubice, Pardubice.

- Mierke-Klemeyer S, et al. 2008. Retention of health-related beneficial components during household preparation of selenium-enriched African catfish (*Clarias gariepinus*) fillets. *European Food Research and Technology*. **227**(3):827–833.
- Milioni F, Malta ES, Rocha LGSA, Mesquita CAA, de Freitas EC, Zagatto AM. 2016. Acute administration of high doses of taurine does not substantially improve high-intensity running performance and the effect on maximal accumulated oxygen deficit is unclear. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. **41**(5):498–503.
- Ministerstvo zemědělství 2010. Návrh pravidel pro energetické nápoje. Bezpečnost potravin. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/navrh-pravidel-pro-energeticke-napoje.aspx> (accessed April 2022)
- Moloney MA, Casey RG, O'Donnell DH, Fitzgerald P, Thompson C, Bouchier-Hayes DJ. 2010. Two weeks taurine supplementation reverses endothelial dysfunction in young male type 1 diabetics. *Diabetes and Vascular Disease Research*. **7**(4):300–310.
- Mortensen A, et al. 2017. Re-evaluation of glutamic acid (E 620), sodium glutamate (E 621), potassium glutamate (E 622), calcium glutamate (E 623), ammonium glutamate (E 624) and magnesium glutamate (E 625) as food additives. *EFSA Journal*. (e04910) DOI: 10.2903/j.efsa.2017.4910.
- Moshé SL, Perucca E, Ryvlin P, Tomson T. 2015. Epilepsy: new advances. *The Lancet*. **385**(9971):884–898.
- Neuhof W, Beck FX. 2006. Survival in hostile environments: strategies of renal medullary cells. *Physiology*. **21**(3):171–180.
- Osman LP, Mitchell SC, Waring RH. 1997. Cysteine, its metabolism and toxicity. *Sulfur Reports*. **20**(2):155–172.
- Pasantes-Morales H, Quesada O, Alcocer L, Sanchez Olea R. 1989. Taurine content in foods. *Nutrition Reports International*. **40**(4):793–801.
- Pasqualone A, Caponio F, Alloggio V, Gomes T, Pasqualone A, Caponio F, Alloggio V, Gomes T. 2000. Content of taurine in Apulian Caciocotta goat's cheese. *European Food Research and Technology*. **211**:158–160.
- Pisoschi AM, Pop A, Iordache F, Stanca L, Predoi G, Serban AI. 2021. Oxidative stress mitigation by antioxidants - an overview on their chemistry and influences on health status. *European Journal of Medicinal Chemistry*. (e112891) DOI: 10.1016/j.ejmech.2020.112891.
- Purchas RW, TriumfEC, Egelanddal B. 2010. Quality characteristics and composition of the longissimus muscle in the short-loin from male and female farmed red deer in New Zealand. *Meat Science*. **86**(2):505–510.
- RedBull 2022. Tohle nás žene dopředu již od roku 1987. RedBull. Available from <https://www.redbull.com/cz-cs/energydrink/firma-red-bull> (accessed April 2022).
- Ripps H, Shen W. 2012. Review: taurine: a “very essential” amino acid. *Molecular Vision*. **18**:2673-2686.

- Roe DA, Weston MO. 1965. Potential significance of free taurine in the diet. *Nature*. **205**:287–288.
- Rosa FT, Freitas EC, Deminice R, Jordão AA, Marchini JS. 2014. Oxidative stress and inflammation in obesity after taurine supplementation: a double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Nutrition*. **53**(3):823–830.
- Roysommuti S, Wyss JM. 2014. Perinatal taurine exposure affects adult arterial pressure control. *Amino Acids*. **46**(1):57–72.
- Sak D, Erdenen F, Mūderrisoglu C, Altunoglu E, Sozer V, Gungel H, Guler PA, Sak T, Uzun H. 2019. The relationship between plasma taurine levels and diabetic complications in patients with type 2 diabetes mellitus. *Biomolecules*. **9**(3):96.
- Schmidt CLA, Watson T. 1918. A method for the preparation of taurin in large quantities. *Journal of Biological Chemistry*. **33**(3):499–500.
- Shadjou N, Alizadeh S, Hasanzadeh M. 2018. Sensitive monitoring of taurine biomarker in unprocessed human plasma samples using a novel nanocomposite based on poly(aspartic acid) functionalized by graphene quantum dots. *Journal of Molecular Recognition*. **31**(12): 1–11.
- Sirdah MM. 2015. Protective and therapeutic effectiveness of taurine in diabetes mellitus: a rationale for antioxidant supplementation. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*. **9**(1):55–64.
- Spitze AR, Wong DL, Rogers QR, Fascetti AJ. 2003. Taurine concentrations in animal feed ingredients; cooking influences taurine content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. **87**(7–8):251–262.
- Stapleton PP, Charles RP, Redmond HP, Bouchier-Hayes DJ. 1997. Taurine and human nutrition. *Clinical Nutrition*. **16**(3):103–108.
- Sturman JA, Moretz RC, French JH, Wisniewski HM. 1985. Taurine deficiency in the developing cat: persistence of the cerebellar external granule cell layer. *Journal of Neuroscience Research*. **13**(3):405–416.
- Sun Q, et al. 2016. Taurine supplementation lowers blood pressure and improves vascular function in prehypertension: randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Hypertension*. **67**(3):541–549.
- Suwanich A, Wyss JM, Roysommuti S. 2013. Taurine supplementation in spontaneously hypertensive rats: Advantages and limitations for human applications. *World Journal of Cardiology*. **5**(11):404.
- Terrill JR, Duong MN, Turner R, Le Guiner C, Boyatzis A, Kettle AJ, Grounds MD, Arthur PG. 2016. Levels of inflammation and oxidative stress, and a role for taurine in dystropathology of the Golden Retriever Muscular Dystrophy dog model for Duchenne Muscular Dystrophy. *Redox Biology*. **9**:276–286.
- Tiedemann F, Gmelin L. 1827. Einige neue Bestandtheile der Galle des Ochsen. *Annalen Der Physik Und Chemie*. **85**(2):326–337.

- Tochitani S. 2017. Functions of maternally-derived taurine in fetal and neonatal brain development. *975*(1):17–25.
- Triumpf EC, Purchas RW, Mielnik M, Maehre HK, Elvevoll E, Slinde E, Egelanddal B. 2012. Composition and some quality characteristics of the longissimus muscle of reindeer in Norway compared to farmed New Zealand red deer. *Meat Science*. *90*(1):122–129.
- Waldron M, Patterson SD, Tallent J, Jeffries O. 2018. The effects of an oral taurine dose and supplementation period on endurance exercise performance in humans: a meta-analysis. *Sports Medicine*. *48*(5):1247–1253.
- Ward R, Bridge CA, McNaughton LR, Sparks SA. 2016. The effect of acute taurine ingestion on 4-km time trial performance in trained cyclists. *Amino Acids*. *48*(11):2581–2587.
- Warnock R, Jeffries O, Patterson S, Waldron M. 2017. The effects of caffeine, taurine, or caffeine-aurine coingestion on repeat-sprint cycling performance and physiological responses. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. *12*(10):1341–1347.
- Wen C, Li F, Zhang L, Duan Y, Guo Q, Wang W, He S, Li J, Yin Y. 2019. Taurine is involved in energy metabolism in muscles, adipose tissue, and the liver. *Molecular Nutrition and Food Research*. *63*(2):1–11.
- Wu G. 2020. Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health. *Amino Acids*. *52*(3):329–360.
- Xiao C, Giacca A, Lewis GF. 2008. Oral taurine but not N-acetylcysteine ameliorates NEFA-induced impairment in insulin sensitivity and beta cell function in obese and overweight, non-diabetic men. *Diabetologia*. *51*(1):139–146.
- Zhao X, Jia J, Lin Y. 1998. Taurine content in chinese food and daily taurine intake of chinese men. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. *442*:501–505.
- Zwiewka M, Nodzyński T, Robert S, Vanneste S, Friml J. 2015. Osmotic stress modulates the balance between exocytosis and clathrin-mediated endocytosis in *arabidopsis thaliana*. *Molecular Plant*. *8*(8):1175–1187.