

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Kofein ve výživě adolescentů

Diplomová práce

Bc. Klára Hlavsová

Kvalita a zpracování zemědělských produktů

Doc. Ing. Boris Hučko, CSc.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Kofein ve výživě adolescentů“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.4.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Doc. Ing. Borisi Hučkovi za trpělivost, čas a mnoho cenných rad při vedení této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Anitě Kranjčevičové za odbornou pomoc při statistickém vyhodnocení výsledků této diplomové práce a mé rodině za podporu, kterou mi během psaní poskytovala.

Kofein ve výživě adolescentů

Souhrn

Kofein se řadí mezi silně návykové látky s nejen pozitivními ale i negativními účinky na zdraví, a proto by měla být jeho konzumace dětmi a dospívajícími do jisté míry omezena. Cílem praktické části mé diplomové práce bylo přiblížit množství a příčiny konzumace kofeinových výrobků u studentů středních škol, dále zjistit jejich znalosti o účincích kofeinu a určit do jaké míry se konzumace a znalosti o kofeinu liší mezi studenty z učilišť (SU) a studenty z ostatních středních škol (SO) v České republice.

Experimentální část práce obsahovala výzkum zaměřený na studenty z učilišť a studenty z ostatních středních škol. Průzkum probíhal za pomoci dotazníkového šetření, kterého se zúčastnilo celkem 101 respondentů (47 SU, 54 SO). Všichni respondenti byly osloveni prostřednictvím sociálních sítí. Výsledky sledování byly statisticky vyhodnoceny a byly potvrzeny nebo vyvráceny předem stanovené hypotézy.

Na základě statistického vyhodnocení byla potvrzena hypotéza č. 1 ($p < 0,05$), která tvrdí, že SU konzumují více kofeinových výrobků než SO.

Příčiny konzumace kofeinových výrobků studenty z učilišť se statisticky nelišily od příčin konzumace studentů z ostatních středních škol ($p > 0,05$). Jako nejčastější důvody konzumace kofeinových výrobků studenti uváděli: doplnění energie (33 % SO, 26 % SU), chuť a sensorické vlastnosti (26 % SO, 32 % SU) a stimulační účinky při učení (33 % SO, 26 % SU). V souvislosti se statistickým vyhodnocením nebyla hypotéza č. 2 potvrzena. Znamená to tedy, že důvody konzumace kofeinových výrobků studentů nejsou závislé na druhu středních škol.

Celkově lze shrnout, že SO měli obecně větší povědomí o účincích kofeinu oproti SU. SO ve většině případů odpovídalo správně na otázku týkající se pozitivních (87 %) či negativních (78 %) účinků kofeinu. Naopak správnost odpovědí na otázku o pozitivních a negativních účincích kofeinu SU byla v porovnání s odpověďmi SO nižší (68 %, 55 %). Závěrem je, že hypotéza č. 3 byla potvrzena ($p < 0,05$) a mezi povědomím studentů o účincích kofeinu a jejich vzděláním existuje slabá závislost ($< 0,3$).

Klíčová slova: Kofein, žáci, střední škola, užívání kofeinu

Caffeine in adolescents nutrition

Summary

Caffeine belongs to the addictive substances with both positive and negative effects on health and thus the consumption by children and youths should be to a certain extent limited. The aim of the practical part of this thesis was to explain the amount of caffeine used by the high school students as well as the reasons for the consumption. Furthermore, this study focuses on the general knowledge of high school students of the caffeine effects and whether the knowledge differs among the vocational school students (SU) and high school students (SO) in the Czech Republic.

The research was focusing on vocational school and high school students. The data were gathered using a survey. In total 101 respondents filled out the survey (47 SU, 54 SO). All the respondents were contacted through social networks. The answers were then analysed using statistical methods and hypotheses were supported and/or rejected.

The statistical analysis uncovered evidence in favour of the first hypothesis ($p < 0,05$), which claims that SU students consume more caffeine products compared to SO students. The reasons for caffeine consumptions were not statistically different ($p > 0,05$) between SU students and SO students. Between the mostly mentioned reasons were: energy replenishment (33 % SO, 26 % SU), taste and sensory properties (26 % SO, 32 % SU) and stimulating effects while studying (33 % SO, 26 % SU). In line with the statistical analysis, the second hypothesis was not supported. Meaning that the reasons for caffeine consumptions are not depending on the type of school the student is attending.

Finally, the SO students generally have higher awareness about caffeine effects compared to SU students. The SO students answered correctly to questions regarding the positive (87 %) and negative (78 %) effects of caffeine. On the contrary, the SU students had less correct answers to the respective questions (68 %, 55 %). To conclude, the third hypothesis was confirmed ($p < 0,05$) and the correlation between awareness of the caffeine effects and education is rather small ($< 0,3$).

Keywords: caffeine, pupils, high school, caffeine use

OBSAH

1. ÚVOD.....	- 1 -
2. CÍLE A HYPOTÉZY.....	- 2 -
2.1. CÍL.....	- 2 -
2.2. HYPOTÉZY.....	- 2 -
3. PŘEHLED LITERATURY.....	- 3 -
3.1. VÝSKYT A ZAŘAZENÍ.....	- 3 -
3.2. CHEMICKÁ STRUKTURA KOFEINU.....	- 4 -
3.3. SYNTÉZA KOFEINU.....	- 5 -
3.3.1. Syntéza kofeinu v rostlině.....	- 5 -
3.3.2. Syntéza kofeinu z theobrominu.....	- 5 -
3.3.3. Syntéza kofeinu z uracilu.....	- 5 -
3.4. ZDROJE KOFEINU.....	- 6 -
3.4.1. Přírodní zdroje.....	- 6 -
3.4.2. Moderní zdroje kofeinu.....	- 9 -
3.4.2.1. Energetické nápoje.....	- 10 -
3.4.2.2. Kofeinové doplňky.....	- 11 -
3.4.3. Spotřeba kofeinových výrobků a jejich obsah kofeinu.....	- 11 -
3.5. METABOLISMUS KOFEINU.....	- 13 -
3.5.1. Absorpce a distribuce kofeinu.....	- 13 -
3.6. METABOLICKÝ ROZKLAD.....	- 14 -
3.6.1. CYP1A2.....	- 14 -
3.7. MECHANISMUS ÚČINKU.....	- 16 -
3.7.1. Antagonismus adenosinových receptorů.....	- 16 -
3.7.2. Uvolňování vápníku.....	- 16 -
3.7.3. Inhibice fosfodiesterázy.....	- 17 -
3.7.4. Ostatní mechanismy účinku.....	- 17 -
3.8. KOFEIN VE VÝŽIVĚ DĚTÍ A ADOLESCENTŮ.....	- 18 -
3.8.1. Kofein a bolest hlavy.....	- 18 -
3.8.2. Kofein a pozornost.....	- 19 -
3.8.3. Kofein a úzkost.....	- 19 -
3.8.4. Kofein a spánek.....	- 19 -
3.8.5. Rozdíly působení kofeinu v závislosti na pohlaví.....	- 20 -
3.9. VLIV KOFEINU NA DĚTI, DOSPÍVAJÍCÍ A DOSPĚLÉ.....	- 21 -
3.9.1. Negativní účinky kofeinu.....	- 22 -
3.10. KOFEIN JAKO NÁVYKOVÁ LÁTKA.....	- 26 -
3.10.1. Abstinenční příznaky.....	- 26 -

3.10.2. Deprese	- 27 -
3.11. ZDRAVÍ PROSPĚŠNÉ ÚČINKY KOFEINU	- 28 -
3.11.1. Parkinsonova choroba	- 28 -
3.11.2. Obezita	- 28 -
3.11.3. Regulace metabolismu tuku a glukózy	- 29 -
3.11.4. Kofein jako antioxidant	- 29 -
3.11.5. Dýchací soustava.....	- 30 -
3.11.6. Paměť.....	- 30 -
4. MATERIÁL A METODY	- 32 -
5. VÝSLEDKY.....	- 36 -
6. DÍSKUZE	- 56 -
7. ZÁVĚR	- 60 -
8. LITERATURA.....	- 61 -
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	- 76 -

1. ÚVOD

V dnešní době je vliv kofeinu na lidský organismus čím dál častěji skloňovaným tématem. I přesto, že se na tuto problematiku zaměřuje mnoho vědců, kteří své poznatky zveřejňují ve svých studiích, i nadále je podstatná část mechanismu účinku kofeinu doposud neprozkoumaná. Názory vědců se ne vždy shodují, tudíž existuje stále mnoho nepotvrzených či nezodpovězených otázek ohledně působení kofeinu na lidský organismus.

Hlavní problematikou užívání kofeinu jsou jeho protichůdné účinky. V některých případech může mít kofein příznivý dopad, v jiných může dokonce způsobit i smrt. I z tohoto důvodu stoupá pozornost užívání kofeinu zejména u rizikových skupin obyvatelstva, jako jsou děti, dospívající či těhotné a kojící ženy. Kofein je silně návykovou látkou, která je zařazovaná do skupiny drog. Jeho příjem není nikterak limitován, vyjma vrcholových sportovců, jejichž testy moči na koncentraci kofeinu nesmí přesahovat 12 mg/l. V případě, že pravidelný konzument kofeinových výrobků, vyloučí tyto produkty ze své stravy, velmi brzo přichází abstinenční příznaky, které se nejčastěji projevují bolestí hlavy, sníženou koncentrací, třesem či depresí. Za přijatelnou denní dávku kofeinu u dospělých jedinců je označována hodnota pohybující se kolem 400 mg. Více jak 600 mg kofeinu za den je spojeno s řadou vedlejších nepříznivých účinků. Toxická dávka kofeinu je stanovena na 1 g, která způsobuje vážné srdeční poruchy.

Na trhu je kofein velmi snadno dostupný, jeho typickými zdroji je totiž káva, čaj, čokoláda, Coca-cola či energetické nápoje, které lze pořídit v každém supermarketu. Mnohdy se kofein skrývá v potravinách, ve kterých by to čekal málokdo, jsou tím myšleny například čokoládové sladkosti, které konzumuje snad každé dítě na světě.

V posledních letech rapidně vzrostl příjem kofeinu mezi dětmi a dospívajícími. Důvody mohou být různé, nejčastěji se jedná o rychlé dodání energie buď při studiu či sportovním výkonu, nebo může jít jen o nezdravý životní styl, který souvisí se zvýšenou konzumací Coca-coly a energetických nápojů zejména z důvodu jejich sensorických vlastností. Otázkou je, zda dospívající mají přehled o jejich denním příjmu kofeinu, zda jsou seznámeni nejen s pozitivními, ale také negativními účinky na lidské zdraví a jaký mají vůbec celkový vztah ke kofeinu jako k droze.

2. CÍLE A HYPOTÉZY

2.1. CÍL

Cílem práce je zhodnotit na podkladě dotazníkového šetření užívání kofeinových nápojů u studentů středních škol a učilišť.

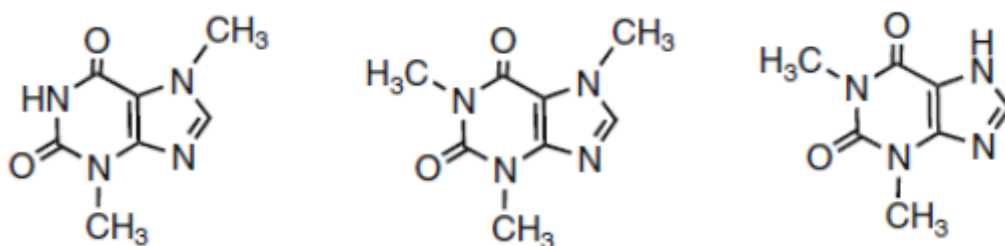
2.2. HYPOTÉZY

1. Studenti z učilišť konzumují více kofeinových výrobků než studenti z ostatních středních škol.
2. Studenti z učilišť mají nižší povědomí o účincích kofeinu na lidský organismus než studenti z ostatních středních škol
3. Studenti z učilišť konzumují kofeinové výrobky především kvůli jejich sensorickým vlastnostem, naopak studenti z ostatních středních škol konzumují kofeinové výrobky zejména kvůli jejich stimulačním účinkům.

3. PŘEHLED LITERATURY

3.1. VÝSKYT A ZAŘAZENÍ

Kofein se řadí do rozsáhlé skupiny purinových alkaloidů, konkrétně do skupiny methylxantinů. Methylxantiny jsou přírodní látky vznikající jako produkt metabolismu některých rostlin. Mezi nejznámější zástupce methylxantinů patří kofein, theobromin a theofylin, které se nejčastěji vyskytují v čaji, kávě, kakau, ale také v dalších nealkoholických nápojích rostlinného původu (Machado et al. 2018). Kofein je tedy přirozeně se vyskytující látkou, která je zastoupená ve více než 60-ti druzích rostlin. U rostlin má nezastupitelnou roli, působí totiž jako přírodní pesticid, což znamená, že rostlinám poskytuje přirozenou ochranu před býložravci a jinými škůdci (Ashihara & Crozier 2001). Kofein je ve světě nejvíce rozšířenou a konzumovanou složkou potravin, která spadá do skupiny látek s behaviorálními účinky (Penolazzi et al. 2012). V přírodě se kofein zřídka vyskytuje sám. Nejčastěji ho doprovází již zmíněný theobromin (kakao) a theofylin (čaj), které se od sebe liší odlišnou pozicí methylových skupin (Harland 2000). Ty jsou patrné na obrázku č. 1. Kofein se v rostlinách může také vyskytovat ve formě různých komplexů. Takové komplexy tvoří například s kyselinou chlorogenovou či indolacetickou a s dalšími látkami jako je kumarin, izoeugenol nebo anthokyanidiny (Caballero et al. 2005).



Obrázek č. 1. Chemická struktura theobrominu, kofeinu a theofylinu (zleva).

3.2. CHEMICKÁ STRUKTURA

Kofein má vzhled bílé krystalické látky, bez zápachu, avšak s velmi výraznou hořkou chutí. Je dobře rozpustný v organických rozpouštědlech a jeho rozpustnost ve vodě se umocňuje zvyšující se teplotou (1 % při 15°C a 10 % při 60°C) nebo tvorbou komplexů benzoátu, cinnamátu, citrátu či salicylátu. Jeho teplota tání je 234-239°C a teplota sublimace při atmosférickém tlaku je 178°C. Kofein je velmi slabou bází a při reakci s kyselinami velmi snadno dochází ke vzniku hydrolyzovaných solí, avšak s velmi nízkou stabilitou. Na obrázku č. 1 je zobrazena chemická stavba kofeinu, jehož systematický název může mít i několik podob: 1,3,7-trimethylxantin; 1,3,7-trimethyl-2,6-dioxopurin či 3,7-dihydro-1,3,7-dimethyl-1H-purin-2,6-dion (Caballero et al. 2005). V užším slova smyslu se jedná o trimethylxantin, jehož xantinová kostra je odvozena od purinových nukleotidů, které byly přeměněny na xantosin, výchozí látku sloužící k biosyntéze kofeinu (Ashihara & Crozier 2001)

3.3. SYNTÉZA KOFEINU

3.3.1. SYNTÉZA KOFEINU V ROSTLINĚ

Kofein jako i další purinové alkaloidy vzniká přes inosinmonofosfát. Podstatou je přeměna inosinmonofosfátu na xanthosinmonofosfát, jejíž prostředníkem je inosin-5-mohofosfát dehydrogenasa. Dalším krokem je methylace xanthosinmonofosfátu transferázou S-adenosylmethioninem. Následně dochází ke ztrátě fosfátu a k přeměně na 7-methylxanthosin, ze kterého se v nadcházející reakci uvolňuje D-ribóza. Po uvolnění D-ribózy vzniká 7-methylxanthin, který se přes theobromin (3,7-methylxanthin) metabolizuje až na samotný kofein (Dewick 2008).

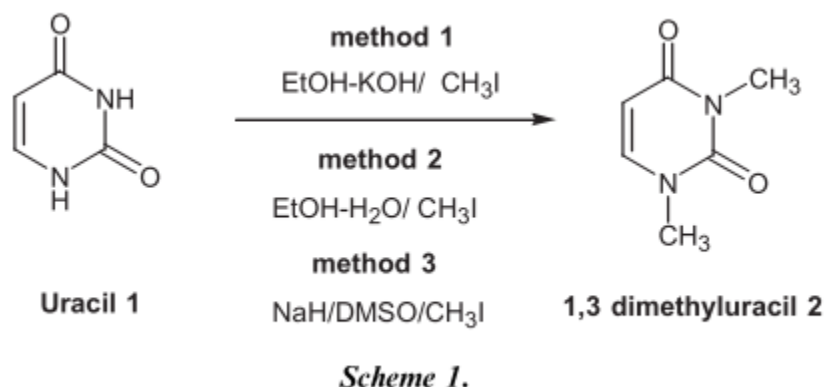
3.3.2. SYNTÉZA KOFEINU Z THEOBROMINU

Další způsob, jak lze kofein získávat, je napůl syntetickou cestou pomocí N-methylace teobrominu. Theobromin je totiž bezprostřední prekurzor pro syntézu kofeinu. Existuje několik způsobů, jak kofein touto cestou syntetizovat. Jedním z nich je N-methylace theobrominu s methyljodidem (CH_3I) za přítomnosti hydroxidu sodného (NaOH). Druhou variantou je N-methylace pomocí dimethyl sulfátu za přítomnosti oxidu hlinitého (Al_2O_3). A třetí způsob je prováděn opět N-methylací oxidu hlinitého nyní, však impregnovaným fluoridem draselným (KI) v acetonitrilu (González-Calderón et al. 2015).

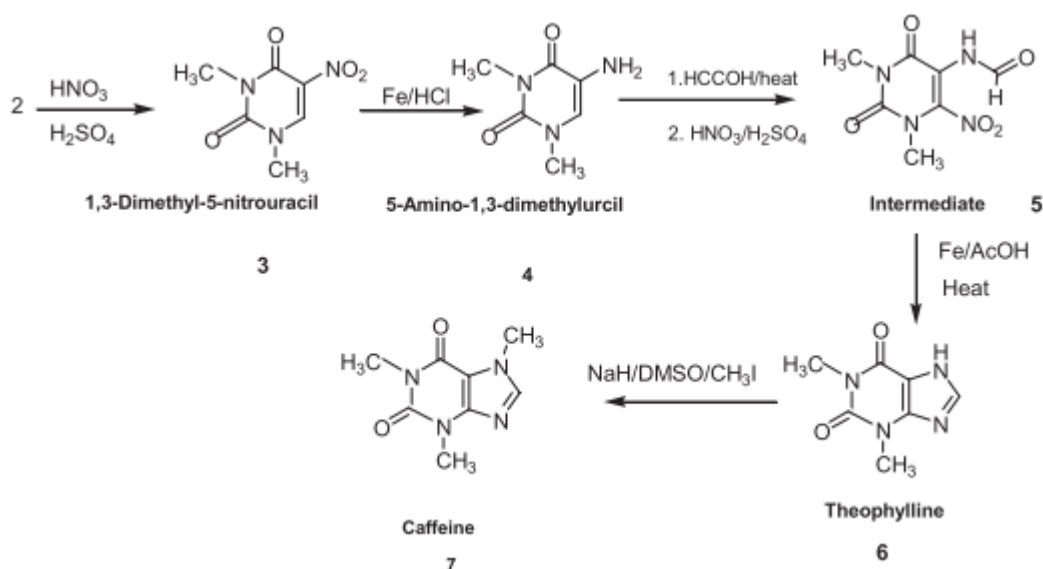
3.3.3. SYNTÉZA KOFEINU Z URACILU

Pro výrobu kofeinu je v dnešní době využívána metoda syntézy z uracilu pomocí N-methylace, nitrace, redukce a cyklizačních reakcí v 6-ti poměrně jednoduchých krocích. Podrobnější schéma syntézy je zobrazeno na obrázku č. 2 a 3. První krok zahrnuje převedení uracilu na 1,3-dimethyluracil, druhý až pátý krok spočívá ve vzniku theofylinu a poslední šestý krok ukončuje reakci vznikem finálního produktu kofeinu (Zajac et al. 2003).

Obrázek č. 2. Schéma přeměny uracilu na 1,3-dimethyluracil (Zajac et al. 2003)



Obrázek č. 3. Schéma syntézy kofeinu (Zajac et al. 2003)



Kofein, jak již bylo zmíněno výše, je látka v přírodě se přirozeně vyskytující. Za hlavní zdroj kofeinu se označují rostliny tropických a subtropických oblastí, zejména Srí Lanka, Brazílie či ostrovy Indonésie. Dalším způsobem, jak lze kofein získávat, je úplná či částečná syntéza z teobrominu. Mezi nejvýznamnější zdroje kofeinu, které jsou dostupné po celém světě, patří kávová zrna (*Coffea arabica*, *Coffea robusta*), listy čajovníku (*Camellia siniensis*), kakaové boby (*Theobroma cacao*), bobule guarany (*Paullinia cupana*) a yerba maté (*Ilex praguariensis*) (Wikoff et al. 2017). Kávová zrna byla pravděpodobně objevena v Africe, čajové lístky ve východní Asii a původní oblastí pro maté a kakao byla Jižní Amerika. Kofein byl

poprvé izolován z kávových zrn v roce 1820 chemikem Friedlibem F. Rounagem, který též popsal jeho fyziologické účinky na lidský organizmus (Preston 2015).

3.10.1.1 KÁVA

Příprava kávy je lidskému pokolení známa již po několik desetiletí (Jeon et al. 2019). Jedním z předních výrobců kávy je Brazílie, která dodává asi 1/3 celkové světové produkce, následuje Vietnam, Indonésie, Kolumbie a mnoho dalších. Kávová zrna pochází z rostlin rodu *Coffea*, které zahrnují více než 103 druhů stromů a keřů. 99 % světového obchodu s kávou ovládají dva nejvýznamnější druhy kávovníků, *Coffea robusta* a *Coffea arabica*. *Coffea arabica* je pěstován především ve Střední a Jižní Americe. Představuje 75 % z celkové světové produkce (de Melo Pereira et al. 2019), zejména kvůli jeho nízkým nárokům na pěstování a velmi vysokou odolností proti chorobám a škůdcům (Burdan 2014). Zrna *Coffea robusta* mají intenzivnější vůni i chuť a obsahují o 40-50 % více kofeinu než *Coffea arabica*. Obsah kofeinu u jednotlivých rostlin je ovlivněn odrůdou, podmínkami pěstování a způsobem přípravy jednotlivých kávových nápojů (Ciaramelli et al. 2019).

3.10.1.2 ČAJ

Čaj je běžně konzumován více než tři miliardou lidí ve 160-ti zemích a řadí se mezi nejoblíbenější nealkoholický nápoj s obsahem kofeinu na světě (Xia et al. 2017). Tento nápoj pochází z mladých čajových lístků čajovníku *Camellia Sinensis* a *Camellia assamica*. *Camellia Sinensis* je vytrvalá rostlina s malými lístky, která odolává chladnému počasí, zatímco *Camellia assamica* je obecně citlivější rostlina s velkými listy a nejvíce se jí daří v tropických deštivých oblastech. Existují čtyři hlavní druhy čaje: černý, zelený, bílý a oolong. Přibližně 78 % z celkové produkce představuje černý čaj, 20 % zelený čaj a zbylé 2 % čaj bílý oolong. Všechny tyto druhy jsou vyráběny ze stejných druhů rostlin, liší se jen dobou zralosti a následným zpracováním (Sanlier et al. 2018). Kromě atraktivní vůně a příjemné chuti má čaj řadu zdraví prospěšných účinků, zejména kvůli obsahu polyfenolů, kofeinu, vitamínů, polysacharidů, olejů a minerálů (Xia et al. 2017). Obsah kofeinu v čajových lístcích ovlivňuje chuť i svěžest, a je důležitým parametrem pro hodnocení kvality čaje. Koncentrace kofeinu v rostlinách rodu *Camellia* se pohybuje v rozmezí od 1,2 do 5,9 % (Jin et al. 2016).

3.10.1.3 YERBA MATÉ

Yerba maté (maté) je označení pro nápoj, který se připravuje z lístků *Ilex paraguariensis*. Tento druh rostliny se pěstuje v subtropických oblastech Jižní Ameriky. Maté je známé především svými stimulačními účinky na centrální nervový systém, zvláště kvůli obsahu kofeinu, jehož koncentrace se pohybuje v rozmezí 0,32 až 0,86 % (Gómez-Juaristi et al. 2018). Pro srovnání 1 ml kávy obsahuje cca 0,5 až 2,2 mg kofeinu, zatímco u 1 ml maté se obsah kofeinu pohybuje v rozmezí 0,19 až 0,22 mg (Riachi & De Maria 2017). Maté má ale i další pozitivní účinky na lidské zdraví, například podporuje metabolismus tuků, působí protizánětlivě a řadí se mezi antioxidanty (Rocha et al. 2018). Kromě nápojů a čajů se maté využívá i při výrobě léčiv a potravinářských konzervačních přípravků či v kosmetice (Camotti Bastos et al. 2018).

3.10.1.4 GUARANA

Paullinia cupana, známá spíše jako Guarana, je rostlina rodu *Sapindaceae* pocházející z Brazílské Amazonie (Santana & Macedo 2018). Guarana je specifické označení pro žluto-červené plody s černými semeny, které svým vzhledem připomínají lidské oko. Jeden plod obsahuje cca 2 až 4 semena, která jsou významným zdrojem kofeinu, jehož obsah se pohybuje v rozmezí 2,5 až 6 %. Zajímavé je, že guarana obsahuje 2 až 5 x vyšší množství kofeinu, než zrna *Coffea arabica* (Schimpl et al. 2013). Semena guarany jsou hojně využívána v potravinářském průmyslu při výrobě nealkoholických nápojů (energetické nápoje) a různých druhů sirupů, tyčinek či extraktů. Výroba nápojů představuje 70 % z celkové produkce guarany. Zbýlých 30 % je použito na výrobu léčiv v podobě prášků, tablet či kapslí, které jsou běžně dostupné v lékárnách či obchodech se zdravou výživou (Machado et al. 2018). Hlavními bioaktivními složkami guarany jsou methylxantiny, především kofein, který je spojován se zlepšením kognitivních funkcí a zvyšováním energie. Dalšími významnými látkami jsou katechiny s antimikrobiálními účinky (Santana & Macedo 2018).

3.10.1.5 COLA NITIDA

Cola je tropická rostlina, jejíž rod se skládá přibližně ze 140 druhů rostlin. Mezi nejvýznamnější zástupce se řadí *Cola acuminata*, *Cola nitida* či *Cola anomala* (Niemenak et al. 2008), které se pěstují hlavně ve střední a západní Africe. Cola je velmi ceněná rostlina a je hojně využívána v tradiční africké medicíně zvláště kvůli specifickému obsahu biologicky

aktivních látek (Erukainure et al. 2017). Za nejhodnotnější část rostliny se považují její semena, někdy též označovány jako ořechy, které se v čerstvém stavu žvýkají, zatímco sušené slouží k výrobě kofeinových nápojů a léčiv (Boudjeko et al. 2009). Hlavní význam této rostliny spočívá v obsahu kofeinu, který hraje důležitou roli při stimulaci centrálního nervového systému. V čerstvých semenech je kofein z velké části vázán vodíkovými můstky na katechiny a taniny, kdežto u sušených semen dochází k jeho uvolnění vlivem degradace a polymerace nízkomolekulárních polyfneolů. Koncentrace kofeinu u semen *Coly sp.* se pohybuje kolem 1,5 až 3,8 % v závislosti na odrůdě a následném zpracování (Burdock et al. 2009).

3.10.1.6 KAKAO

Kakao, celosvětově známá výchozí surovina pro výrobu čokolády, je získáváno z kakaových bobů (semen) rostliny *Theobroma cacao*. *Theobroma cacao* patří mezi nejvýznamnější zástupce tohoto druhu a hojně se pěstuje po celé Jižní Americe. Z vysušených a fermentovaných kakaových bobů se poté vyrábí kakaové máslo, prášek či likér (Micheli et al. 2010), které jsou nadále využívány v potravinářském průmyslu, při výrobě čokolády a zmrzlin nebo v kosmetice, zejména při výrobě krémů či mýdel (Gardea et al. 2017). Název kakao je označení pro semena rostliny *Theobroma cacao* či pro prášek z nich vyrobený. Kakao se řadí mezi velmi hodnotnou surovinu, jedná se totiž o zdroj plných antioxidantů (antokyany, katechiny), vitamínů a minerálů a jeho konzumace souvisí s prevencí vzniku kardiovaskulárních chorob a nádorového onemocnění (Arévalo-Gardini et al. 2017). Výše zmíněné účinky jsou též přisuzovány obsahu methylxantinů, zejména kofeinu a teobrominu. Pro představu obsah kofeinu u 40-ti g kakaového prášku činí 92 mg, ve 40-ti g hořké čokolády s obsahem kakaa 70-85 % se pak hladina kofeinu pohybuje kolem 32 mg a u stejného množství mléčné čokolády obsah kofeinu klesne na pouhých 17 mg (Santos & Macedo 2018).

3.4.2. MODERNÍ ZDROJE KOFEINU

V dnešní moderní době výše uvedené zdroje nejsou jedinými dostupnými zdroji kofeinu pro stávající populaci. Kvůli technologickému pokroku ve společnosti, a také vyšším nárokům a neustálému pracovnímu zatížení, se na trhu setkáváme s mnoha dalšími kofeinovými výrobky. Známými kofeinovými výrobky jsou různé sycené nápoje, mezi které se řadí například Coca-cola či různé druhy energetických nápojů. Méně známým kofeinovým zdrojem jsou pak čokoládové cukrovinky, které díky obsahu čokolády, respektive kakau, též

obsahují určité množství kofeinu (Gurley et al. 2015). Kofein je látkou, která ovlivňuje důležité pochody v lidském mozku, a proto je důležité označení jeho konkrétního množství u všech kofeinových výrobků. Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům definuje označování nápojů a potravin, které jsou v sušené, koncentrované či jinak upravené formě s obsahem kofeinu vyšším než 150 mg/l. Na obalech těchto produktů musí být uveden údaj: „Vysoký obsah kofeinu – není vhodné pro děti a těhotné nebo kojící ženy“ (Bessada et al. 2018). Mimo různých druhů potravin se s kofeinem setkáváme i u některých druhů léků. Konkrétně se jedná o analgetika tlumící bolest hlavy, jejichž účinnou látkou bývá právě kofein či paracetamol (Tavares & Sakata 2012). Kofein je široce rozšířený i v oblasti sportu, díky kterému vstoupily na trh kofeinové tablety, jejichž účinky využívají sportovci v mnoha sportovních disciplínách (Gurley et al. 2015).

3.4.2.1. ENERGETICKÉ NÁPOJE

Energetické nápoje se řadí mezi nealkoholické nápoje, jejichž nejvýznamnější stimulační látkou je kofein. Složení energetických nápojů se může výrazně lišit. Nejčastěji je v nich zastoupen velký podíl cukrů a dále se v nich objevují i další stimulační látky jako je taurin či guarana (Wiggers et al. 2017). Obsah cukrů v energetických nápojích je velkým problémem při nárůstu obezity u dětí a dospívajících. Průzkumy ukazují, že děti a dospívající ve věku od 2 do 18-ti let, které za den vypijí cca 250 ml slazených kofeinových nápojů, přijímají za den přibližně o 200 kalorií více než ti, kteří konzumují tyto nápoje jen výjimečně (Temple et al. 2009). Mimo to energetické nápoje jsou zdrojem vitamínů skupiny B či dalších aminokyselin jako je například alanin (Simulescu et al. 2018). Energetické drinky v odvětví nápojů představují nejrychleji se rozvíjející sortiment. Jejich oblíbenost roste zejména kvůli jejich stimulačním účinkům, mezi které patří potlačení únavy a celkové zvýšení energie či zlepšení koncentrace a pozornosti (Aniței et al. 2011). Zvláště důležité je kdo, v jakém množství a jakým způsobem energetické nápoje konzumuje (Azagba et al. 2014). Po roce 1989 výrazně vzrostla spotřeba energetických nápojů u mladistvých. Důvody byly různé: dosažení nadprůměrného prospěchu, náročné učební osnovy, závěrečné zkoušky, zlepšení sportovního výkonu či nízké příjmy, které vedly k tomu, aby si studenti našli práci, která mohla být ve spojení se studiem značně časově náročná, a tak častěji volili energetické nápoje jako zdroj energie (Aniței et al. 2011). Scholey a Kennedy (2004) uvádějí, že příjem kofeinu prostřednictvím energetických

nápojů, má pozitivní dopad na paměť. Naproti tomu studie, ve které byly zkoumány účinky čisté dávky kofeinu, tyto vlastnosti kofeinu nepotvrdila. Závěrem je, že paměť může být ovlivňována dalšími látkami obsažených v energetických nápojích (Peacock et al. 2013).

Výzkumy prokázaly, že konzumace energetických nápojů zejména mladistvými či jinou citlivou částí populace, škodí lidskému zdraví, a to hned ze tří důvodů. Prvním je, že energetické nápoje často obsahují vysoké koncentrace kofeinu, jehož pravidelná konzumace ve vysokých dávkách způsobuje zdravotní problémy, jimiž jsou poruchy spánku či vysoký krevní tlak. Druhým důvodem je, že rostoucí trend směšování energetických nápojů s alkoholem má horší dopad na zdraví, než příjem samotného alkoholu (Leal & Jackson 2018). A jako třetí důvod lze uvést existující názory, že spotřeba energetických nápojů je spojena s řadou špatných návyků, jako je kouření, konzumace alkoholu a užívání jiných stimulačních látek (Wiggers et al. 2017).

3.4.2.2. KOFEINOVÉ DOPLŇKY

Mezi další zdroje energie můžeme zařadit i takzvané kofeinové ampule. Kofeinové ampule často obsahují stejné složky jako energetické nápoje, hlavní rozdíl však spočívá v jejich odlišném objemu (Anderson 2017). Energetické nápoje se vyrábějí v různých velikostech, typické je 250 ml, setkat se však můžeme i se 700 ml balením. Objem kofeinových ampulí zpravidla nepřekračuje hranici 90-ti ml. Nicméně, navzdory jejich menšímu obsahu se koncentrace kofeinu nesnižuje, ale v některých případech se dokonce i zvyšuje, a proto jsou hodnoceny též jako látky s negativním dopadem na lidské zdraví. V Kanadě do roku 2012 byly energetické nápoje a kofeinové ampule klasifikovány jako přírodní zdravotně nezávadné produkty. V roce 2012 byla bezpečnost energetických nápojů a kofeinových ampulí Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (Food and Drug Administration) přehodnocena a nyní jsou podrobeny novým předpisům, které zahrnují údaj o maximální povolené koncentraci a regulaci uvádění na trh (Wiggers et al. 2017).

3.4.3. SPOTŘEBA KOFEINOVÝCH VÝROBKŮ A JEJICH OBSAH KOFEINU

Celkový denní příjem kofeinu je po celém světě dosti variabilní. I přesto však káva nejméně přispívá k celosvětové spotřebě kofeinu. Toto tvrzení též potvrzují i Mitchell et al. (2014), kteří ve své studii zveřejnili, že káva představuje 71 % spotřeby všech zdrojů kofeinu. Za ní se umístily se svými 16-ti % nealkoholické nápoje a 12 % je přiřazeno konzumaci čaje.

Tyto statistické údaje se vztahují na dospělou populaci, u dětí a dospívajících jsou za hlavní zdroj kofeinu považovány slazené nealkoholické nápoje (Gracia-Lor et al. 2017). Koncentrace kofeinu se však u všech kofeinových výrobků výrazně liší. Obsah kofeinu určuje především výchozí surovina (a to zejména odrůda), podmínky pěstování, geografie a další technologické zpracování. Průměrné zastoupení kofeinu u specifických druhů kofeinových výrobků je zobrazeno v tabulce č. 1. (Functions et al. 2014).

Tabulka č. 1. Průměrný obsah kofeinu u vybraných druhů potravin (Guimarães-Ferreira et al. 2017).

Druh potravin	Velikost porce	Obsah kofeinu (mg)
instantní káva	250 ml	10-170
káva bez kofeinu	250 ml	<10
černý čaj	250 ml	25-100
zelený čaj	250 ml	34-68
energetické nápoje	250 ml	80
Coca-cola	250 ml	24
hořká čokoláda	30 g	5-35

3.5. METABOLISMUS KOFEINU

3.5.1. ABSORPCE A DISTRIBUCE

U dospělých jedinců je kofein velmi rychle absorbován gastrointestinálním traktem a následně distribuován do krevního řečiště (Calamaro et al. 2009). Deset až třicet procent kofeinu je v závislosti na teplotě a pH vázáno na plazmatické bílkoviny, zatímco zbytek v plazmě volně cirkuluje (Guimarães-Ferreira et al. 2017). Již po 45-ti minutách je 99 % požitého kofeinu absorbováno zažívacím traktem, zejména z žaludku a tlustého střeva (Nehlig 1999). Kofein se vyznačuje stoprocentní biologickou dostupností a je rozpustný jak v látkách polárních, tak i v nepolárních. (Caballero et al. 2005). V případě, že je kofein přijímán perorální formou, tak v plazmě je detekována jeho maximální koncentrace cca po 30-ti až 120-ti minutách, v závislosti na druhu přijímané potravy (Tavares & Sakata 2012). Například kofein spolu s jídlem je vstřebáván výrazně pomaleji než kofein, který je přijímán v podobě žvýkaček či želé. Žvýkačky totiž obsahují gumu, která pozitivně působí na bukalní tkáň, které urychlují vstřebávání kofeinu (McLellan et al. 2016). Kinetická rychlost kofeinu v plazmě je dána mnoha faktory včetně celkové dávky kofeinu, obsahu žaludku a pH tekutin, které ovlivňují vyprazdňování žaludku (Caballero et al. 2005). Všechny zástupci methylxantinů, tudíž i kofein, jsou velmi rychle distribuovány do všech tkání a orgánů (Burdan 2014). Díky své malé molekulární hmotnosti a rozpustnosti ve vodě (Gurley et al. 2015) kofein snadno prochází mezibuněčnými a buněčnými membránami (Burdan 2014), jakož i hematoencefalickou či placentární bariérou, a je snadno detekovatelný v různých tělních tekutinách (Tavares & Sakata 2012).

3.6. METABOLICKÝ ROZKLAD

Metabolismus kofeinu probíhá v játrech za účasti Cytochromu P450. Podstata kofeinového rozkladu spočívá v účincích enzymu 1A2, isoformy cytochromu P450 (CYP1A2). CYP1A2 rozkládá 95 % kofeinu N-demethylací na tři nejvýznamnější metabolity paraxantin (85 %), theobromin (10 %) a theofylin (5 %) (Tavares & Sakata 2012). Každý z nich má v organismu jinou roli. Paraxantin zvyšuje lipolýzu, theobromin stimuluje dilataci cév a zvyšuje objem moči a theofylin kontroluje metabolismus glukózy (Pimentel et al. 2014).

Zbylé množství kofeinu je metabolizováno CYP3A5 a enzymy N-acetyltransferázou a xantinoxidázou. Za nejvýznamnější se pokládá 3- methyl-demethylace vedoucí ke tvorbě paraxantinu, jenž představuje 72 až 80 % metabolizovaného kofeinu (Nehlig 1999). Všechny metabolity kofeinu jsou vylučovány močí, jejich stopové koncentrace mohou být vylučovány i prostřednictvím stolice, slin či potu (Burdan 2014). 97,9 % kofeinu podlehne úplnému rozkladu, pouze 2,1 % je vyloučeno ledvinami v původní formě (Harland 2000) z důvodu vysokého stupně ledvinové reabsorpce (Guimarães-Ferreira et al. 2017). Biologický poločas rozpadu kofeinu se u dospělého člověka pohybuje v rozmezí 3-5 h. Studie však potvrdily, že poločas rozpadu může být až 2x vyšší u kuřáků a u jedinců, kteří kávu vůbec nekonzumují. Metabolismus a clearance kofeinu je ovlivněna genetickým polymorfismem genu CYP1A2, kouřením, pohlavím, hmotností, onemocněním jater (Tavares et Sakata 2012) a některými zdroji potravin. Například flavanony, reprezentující hořkou chuť grepu, inhibují demethylaci kofeinu, která představuje klíčovou roli v rozkladu a odstranění kofeinu z oběhového systému (Lean & Crozier 2012),

3.6.1. CYP1A2

Jak je již výše zmíněno, CYP1A2 představuje jeden z hlavních enzymů metabolizujících řadu klinických léčiv. Již před 19-ti lety se Han et al. (2001) ve svých publikacích zmiňují o tzv. genetickém polymorfismu genu CYP1A2 (Guimarães-Ferreira et al. 2017). U tohoto genu bylo prozatím identifikováno celkem 21 variant alel (Sim & Ingelman-Sundberg 2010). Genetický polymorfismus genu CYP1A2 způsobuje rozdílnou rychlost metabolismu a výsledné účinky kofeinu u jedinců s různými druhy tohoto polymorfismu. Obecně platí, že homozygoti, respektive jedinci, jejichž genotyp je tvořen stejnými alelami, jsou schopni rozkládat kofein rychleji, než jedinci s alelami opačnými, tzv. heterozygoti (Palatini et al. 2015). Tuto souvislost

potvrzuje studie, ve které byla sledována spojitost mezi příjmem kofeinu a vznikem srdečního infarktu u jedinců s pomalým metabolismem kofeinu, tzv. heterozygotů. Zatímco u homozygotů nebyly zaznamenány žádné zmínky tohoto onemocnění (Guimarães-Ferreira et al. 2017).

3.7. MECHANISMUS ÚČINKU

Kofein je nejčastěji popisován jako stimulant centrální nervové soustavy a kardiovaskulárního systému. Jeho mechanismus účinku můžeme rozdělit do čtyř dílčích mechanismů, které jsou popsány níže.

3.7.1. ANTAGONISMUS ADENOSINOVÝCH RECEPTORŮ

Prvním z nich je, že kofein působí jako antagonist na adenosinové receptory. Adenosin je purinový nukleosid, který se vyznačuje svými účinky v mnoha biochemických procesech. Jeho aktivita je závislá na receptorech, které se nachází v nervovém, dýchacím a močovém systému (Samsel et al. 2014). Hlavním principem antagonistické aktivity kofeinu je, že se strukturně podobá adenosinu a díky své afinitě k adenosinovým receptorům je dokáže snadno navázat, a tudíž zabránit navázání samotnému adenosinu. Kofein působí především na dva konkrétní adenosinové receptory A₁ a A_{2A} (Functions et al. 2014). Receptory adenosinu A₁ jsou přítomny ve všech částech mozku, nejvyšší koncentrace však dosahují v hipokampu, mozkové kůře a thalamu. Naopak receptory adenosinu A_{2A} se výhradně nacházejí v bazálních gangliích. Existují důkazy, že díky účinkům některých methylxantinů receptory adenosinu A_{2A} snižují afinitu receptorů dopaminu D₂, a tak zabraňují navázání dopaminu na jeho receptory D₂ (Nehlig 1999). Blokáda A₁ je vyvolána poměrně nízkou dávkou kofeinu a zapříčiňuje jeho známý diuretický efekt. Blokáda A_{2A} receptorů je zodpovědná za zlepšení bdělosti a ostražitosti. Mimo výše zmíněných účinků, kofein v roli antagonisty adenosinových receptorů způsobuje také uvolnění některých neurotransmiterů jako dopaminu, noradrenalinu a serotoninu (Gurley et al. 2015).

3.7.2. UVOLŇOVÁNÍ VÁPNIKU

Účinek methylxantinů na mobilizaci intracelulárního vápníku byl jako první demonstrován v kosterním svalstvu. Kofein ve velmi nízkých koncentracích prodlužoval svalovou kontrakci, a tím podporoval přenos vápníku přes plazmatickou membránu a sarkoplazmatické retikulum (Nehlig et al. 1992). Pozdější studie též potvrdily, že k mobilizaci intracelulárního vápníku vlivem kofeinu dochází i u skeletálního a srdečního svalu a u tkání s nervovým zakončením (Willson 2018). Uvolňování vápníku, které je zapříčiněno účinky kofeinu, spočívá v aktivaci vápníkových kanálků. Tyto kanálky jsou citlivé na ryanodinové receptory a nacházejí se v endoplazmatickém a sarkoplazmatickém retikulu (Tavares et Sakata

2012). K aktivaci vápníkových kanálků a zároveň k uvolnění velmi malého množství vápníku dochází po požití kofeinu alespoň o koncentraci 48,5 mg /l. Aby došlo k rapidnímu uvolňování vápníku, musela by se koncentrace kofeinu pohybovat v rozmezí 971 mg/l až 3884 mg/l. V běžném životě s tak vysokými dávkami kofeinu nepřijdeme do styku, tudíž obavy z uvolňování vápníku způsobené kofeinem mít nemusíme (Willson 2018). V praxi to znamená, že kofein ovlivňuje intracelulární homeostázu vápníku dvěma způsoby. Prvním je, že částečně inhibuje inositol-1,4,5-trifosfát, čímž snižuje uvolňování vápníku z endoplazmatického retikula. Druhý způsob je ten, že kofein aktivuje ryanodinové receptory, které jsou zodpovědné za uvolňování vápníku z endoplazmatického retikula a dochází k jeho ukládání do extracelulárního prostoru (Orbán et al. 2018).

3.7.3. INHIBICE FOSFODIESTERÁZY

Kofein a jiné další methylxantiny se řadí mezi neselektivní inhibitory fosfodiesterázy. Neselektivní inhibice fosfodiesterázy vede ke zvýšení intracelulárního cyklického 3,5-adenosinmonofosfátu (cAMP) a cyklického guanosin-3,5-monofosfátu (cGMP), což způsobuje ¹bronchodilataci a ²vazodilataci (Mokry et Mokra, 2013)

3.7.4. OSTATNÍ MECHANISMY ÚČINKU

Kofein zvyšuje hladinu katecholaminů, což může vysvětlovat alespoň některé z jeho fyziologických účinků. Předpokládá se, že zvýšená koncentrace katecholaminů je kofeinem způsobena nepřímo jako následek jeho antagonistických vlastností u adenosinu. Nadměrné množství katecholaminů pak v organismu způsobuje zvýšení tlaku, tzv. hypertenzi. V mnoha studiích bylo prokázáno, že s chronickou spotřebou kofeinu, též klesají i jeho hypertenzní účinky. Zajímavé je, že v případech předávkování kofeinem se často objevují problémy spíše s tlakem nízkým, tzv. hypotenzí než s hypertenzí. Kofein vyvolává hypotenzi tím, že nepřímo snižuje přívod krve do srdce, a tím snižuje jeho činnost. V dalším případě pravděpodobně hraje role inhibice fosfodiesterázy (Willson 2018).

¹rozšíření průdušek

²rozšíření cév

3.8. KOFEIN VE VÝŽIVĚ DĚTÍ A ADOLESCENTŮ

Adolescence je vývojové období charakterizované dozráváním důležitých neuro-hormonálních systémů, které jsou zodpovědné za řadu funkcí v lidském mozku. Mezi ně patří například schopnost sebeovládání, rozhodování či emoční zpracování. Toto zrání je ovlivňováno mnoha pochody, ale i pohlavní hormony, stravování, kvalita spánku, stres či příjemem různých psychoaktivních látek má na zrání značný dopad (O'Neill et al. 2016).

Konzumace kofeinu dětmi a dospívajícími je v dnešní době stále častější. Jedním z důvodů je zvýšená dostupnost kofeinových produktů a také jejich marketing cílený právě na tuto populační skupinu. Z toho důvodu je nezbytné zvýšit zájem o porozumění fyziologických, behaviorálních a psychologických účinků kofeinu v této populaci (Temple 2018). Nejčastějšími zdroji kofeinu, které dospívající přijímají, je především káva a sycené nápoje. Další zdroj pak představuje čaj a sladkosti obsahující čokoládu (Mahoney et al. 2018). U dětí je nejčastějším zdrojem kofeinu čaj, sycené nápoje a na posledním místě čokoláda. Je prokázáno, že se zvyšujícím se věkem spotřeba kofeinových výrobků roste. Jakmile se děti stanou dospělými, jejich denní spotřeba kofeinu vzroste přibližně z 50 mg na 180 mg. Podle nedávných dat zaznamenaných Národním ústavem pro zdraví a výživu (National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES) bylo zjištěno, že přes 75 % dětí žijících v USA ve věku mezi 6-ti a 11-ti lety přijímá denně 25 mg kofeinu a u 75-ti % adolescentů ve věku 12 až 17 let je denní příjem kofeinu 50 mg (Burdan 2014).

3.8.1. KOFEIN A BOLEST HLAVY

V několika různých studiích byl prováděn experiment, zda kofein může potlačit bolest hlavy u dětí a adolescentů. Závěrem bylo, že dětem v rozmezí 9-11 let, jejichž denní spotřeba kofeinu je v průměru 103 mg, jednorázová dávka (1,3 mg/kg) kofeinu přispěla ke tlumení bolesti. Naopak tato dávka nevyvolala žádný příznivý efekt u dětí stejné věkové kategorie, jejichž denní příjem kofeinu byl zanedbatelný či nulový (Heatherley et al. 2006). O tři roky později byl prováděn podobný experiment jinou nezávislou studií, která se však zaměřila na dospívající ve věku 12-17 let. Výsledkem experimentu bylo, že dávka 2,32 mg kofeinu na kg hmotnosti, neměla žádný pozitivní vliv na potlačení podrážděnosti a bolesti hlavy. Naopak dospívající, kteří denně přijímali cca 50 mg kofeinu, si stěžovali na intenzivnější bolest hlavy než ti, kteří kofein přijímali v nižších koncentracích (Temple et al. 2009).

3.8.2. KOFEIN A POZORNOST

Konzumace kofeinových výrobků v rozumné míře však nemusí mít u dětí jen negativní dopad. Některé studie tvrdí, že dávky kofeinu v koncentraci 2,5 mg/kg a 5 mg/kg zlepšují pozornost a zručnost dětí předškolního věku. Nezávislá studie též potvrzuje, že 50 mg kofeinu má pozitivní účinek u dětí v rozmezí 9-ti až 11-ti let, u kterých se zlepšila přesnost ve vyhledávacích úlohách, avšak za podmínky, že děti na kofein nejsou vůbec navyklé nebo ho přijímají jen příležitostně v malých koncentracích (Temple 2018). Z hlediska kanadských výživových tvrzení bylo potvrzeno, že denní dávka 2,5 mg kofeinu na 1 kg hmotnosti nemá na děti a dospívající žádný negativní účinek. Účinky kofeinu mají též dopad na pozornost u dětí a dospívajících. Bylo zjištěno, že vysoké dávky kofeinu mají negativní dopad na pozornost a koncentraci (Wikoff et al. 2017).

3.8.3. KOFEIN A ÚZKOST

Zatímco existují podložené důkazy prokázané mnoha studii, které naznačují vztah mezi příjmem kofeinu a nástupem úzkosti u dospělých, tak počet studií zabývajících se vznikem úzkostí u dětí je několikanásobně nižší. Výsledky experimentů prováděných na laboratorních myších, jsou přínosem pro pochopení působení kofeinu u dětí, dospívajících i dospělých. Při studii prováděné na laboratorních myších v období jejich adolescence se zjistilo, že po ukončení pravidelných dávek kofeinu o koncentraci 0,3 g/l, které myším byly podávány po dobu 28 dní, došlo k navození pocitu úzkosti. Tyto účinky kofeinu však nebyly pozorovány u dospělé populace laboratorních myší, které konzumovaly kofein po celou dobu ve stejných koncentracích jako myši dospívající (O'Neill et al. 2016). Toto tvrzení bylo podpořeno studii ve Velké Británii, ve které byla též objevena spojitost mezi vysokým příjmem kofeinu a nástupem úzkosti u dětí a dospívajících (Ruxton 2014). Mechanismus účinku kofeinu na dospívající myši pravděpodobně tkví v aktivaci hypotalamo-pituitárně-adrenální (HPA) osy. Jednoduše řečeno kofein je označen za stresor, jehož účinky se aktivuje stresová osa HPA, která významně ovlivňuje stresové poruchy a navozuje depresi a úzkost (Moncek et al. 2004).

3.8.4. KOFEIN A SPÁNEK

Spánek hraje nezastupitelnou roli při správném vývoji dětí a dospívajících. Doporučená doba spánku u této cílové skupiny je alespoň 8 až 9 hodin denně (Merdad et al. 2014). V posledních letech se tato doba spánku snížila až o 2 hodiny denně. Zkrácení doby spánku má

negativní dopad na náladu, astma a obezitu nejen u dětí a dospívajících, ale i dospělých (Calamaro et al. 2009). Snížení průměrné doby spánku u dospívajících je úzce spojeno s užíváním kofeinových nápojů. Kofein přijímaný především v pozdní fázi dne může prodloužit latenci usínání a snížit kvalitu a dobu spánku. To většinou vede k pocitu únavy po probuzení, což někteří řeší další dávkou kofeinu pro podpoření bdělosti, čímž se u dotyčného zvyšuje spotřeba kofeinu. Tyto spánkové poruchy vyvolané příjmem kofeinu jsou obzvláště škodlivé u dětí a dospívajících, u kterých je vyžadován dostatečný spánek kvůli akademickému výkonu, správnému růstu a dalším zdravotním aspektům (Temple 2018). Molekulová podobnost ve struktuře kofeinu a adenosinu umožňuje kofeinu, aby obsadil místo adenosinového receptoru, který je zodpovědný za regulaci spánku. Dokonce již nízké koncentrace kofeinu při pravidelném užívání zvyšují regulaci adenosinového receptoru, což vede ke zvýšené citlivosti endogenního adenosinu. Následkem tohoto účinku je pak nástup abstinenčních příznaků, které se projevují po vyřazení kofeinu ze stravy (James et al. 2011).

3.8.5. ROZDÍLY PŮSOBENÍ KOFEINU V ZÁVISLOSTI NA POHLAVÍ

Temple et al. (2009) se ve své studii zaměřoval na rozdíly působení kofeinu u dospívajících v závislosti na pohlaví. Studie se účastnily dívky a chlapci ve věku 12-ti až 17-ti let. Všichni účastníci byly rozděleni do 4 skupin z hlediska pohlaví a příjmu kofeinu či placebo. Výsledky ukázaly, že chlapci spíše zaznamenávali rozdíl mezi účinky kofeinu a placebo než dívky. Tyto výsledky podporují předchozí poznatky o odlišné reakci mužů a žen na psychoaktivní látky.

3.9. VLIV KOFEINU NA DĚTI, DOSPÍVAJÍCÍ A DOSPĚLÉ

Kofein je nejvíce dostupná a široce používaná psychoaktivní látka na světě. Je také jedinou drogou, která je právně přístupná a společensky přijatelná, neboť je konzumována i dětmi a dospívajícími (Turton et al. 2016). Kofein v závislosti na jeho přijímaném množství a délce užívání může na lidský organismus působit jak negativně, tak i pozitivně (Petrucci et al. 2018a). Jako pozitivní účinek kofeinu byl zaznamenán jeho vliv na bolest hlavy, diabetes, obezitu, fertilitu, respirační a kardiovaskulární systém nebo dokonce na různé typy rakoviny. Pozitivní účinky kofeinu byly též potvrzeny výsledky dalších studií, které zaznamenaly pozitivní vliv kofeinu na řadu problematických onemocnění, jako je *diabetes mellitus* 2. typu, Parkinsonovu chorobu, mozkovou mrtvici či Alzheimerovu chorobu (Hall et al. 2015). Mezi negativní účinky kofeinu se řadí nevolnost v důsledku zvýšené sekrece žaludečních šťáv, dále třes, nervozita, bolest hlavy, vysoký krevní tlak a v extrémně vysokých dávkách toxicita.

Několik studií se shoduje, že průměrná denní spotřeba kofeinu v dávkách až do 400 mg/den (3 mg kofeinu/kg hmotnosti) u zdravé dospělé populace není spojena s nežádoucími účinky (Tran et al. 2016). Toto tvrzení bylo též potvrzeno Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA, European Food Safety Authority), který denní dávku 400 mg u dospělé zdravé populace označil za bezpečnou (Warzak et al. 2011). Nové hodnocení neurologických účinků kofeinu stanovilo, že nežádoucí účinky u dospělých jedinců jsou spojeny se spotřebou více jak 600 mg kofeinu denně (Tran et al. 2016). Toto tvrzení se však nevztahuje na příjem kofeinu u dětí a dospívajících. I přesto, že příjem kofeinu u dětí a dospívajících je čím dál častěji skloňované téma, doposud Úřadem pro potraviny a léčiva nebyly stanoveny žádné pokyny, které by vymezovaly denní spotřebu kofeinu pro děti a mladistvé (Lean & Crozier 2012). Existují však Kanadské směrnice, které doporučují, aby děti ve věku 4 až 6 let nekonzumovaly více než 45 mg kofeinu za den. U dětí ve věku 7 až 9 let by denní příjem kofeinu neměl přesáhnout 62 mg a u dětí, kterým je více jak 10 let, byl stanoven nejvyšší denní příjem kofeinu na 85 mg. Na základě výsledků několika na sobě nezávislých studií bylo potvrzeno, že kofein kvůli svým neobjasněným biologickým účinkům patří doposud mezi nejvíce studované zástupce methylxantinů (Warzak et al. 2011).

3.9.1. NEGATIVNÍ ÚČINKY KOFEINU

3.9.1.1. KARDIOVASKULÁRNÍ SYSTÉM

Není tajemstvím, že specifické účinky kofeinu mají dopad na kardiovaskulární systém. Mechanismus účinku kofeinu na kardiovaskulární systém spočívá v selektivní inhibici receptorů adenosinu A1 a A2A (Nieber 2017), což může vést ke koronární vazodilataci a antiarytmickým účinkům. Kofein mimo jiné podporuje expresi syntázy oxidu dusnatého, což zvyšuje jeho uvolňování, a tím podporuje vazodilataci cév hladkého svalstva. Kofein v závislosti na dávce interaguje s různými receptory kardiovaskulárního systému. Průměrná spotřeba kofeinu (>400 mg) nemusí nutně vyvolávat změny srdeční frekvence a nemusí mít ani vliv na srdeční výdej. Záleží totiž na tom, zda je kofein přijímán pravidelně, či jen ve výjimečných situacích (Voskoboinik et al. 2018).

Vědci ve svých studiích potvrzují, že po požití určité dávky kofeinu dochází u příležitostných konzumentů kávy k mírnému zvýšení krevního tlaku v řádech o 10 až 20 mm Hg, přibližně 1 hodinu po požití. Tento účinek je vysvětlován zvýšením hladiny reninu a katecholaminů (Nieber 2017). Zajímavým objevem je to, že u pravidelných konzumentů kávy se po požití kofeinu během první hodiny snížila srdeční frekvence o 5-10 %, a v průběhu dalších dvou hodin došlo k jeho opětovnému zvýšení (Caballero 2005). Byly zkoumány další pozitivní účinky kofeinu při léčbě pacientů s vysokým tlakem a zjistilo se, že pravidelná konzumace zeleného a černého čaje snižuje diastolický a systolický krevní tlak cca o 2 mmHg. Za snížení krevního tlaku zodpovídá uvolňování prostacyklinu, který je zodpovědný za rozšiřování cév, dále zvýšení tvorby oxidu dusnatého a snížení oxidativního stresu (Voskoboinik et al. 2018).

3.9.1.2. KARDIOTOXICITA

Bylo hlášeno několik případů, kdy došlo jak k úmyslnému, tak náhodnému předávkování kofeinem. Smrtelná dávka kofeinu je odhadována na 150 mg na kg hmotnosti, (tedy 80-100 mg v litru krvi), což odpovídá 10-ti gramové jednorázové dávce kofeinu. Míru toxicity kofeinu u jedince ovlivňuje nejen množství dávky, ale i souběžná konzumace alkoholu a výskyt různých onemocnění, např. kanálopatie (mutace membránových iontových kanálů.). Tyto faktory pak několikanásobně zvyšují riziko toxicity. Kofein však může působit toxicky i u zdravých jedinců, v důsledku příjmu více stimulačních přípravků či produktů spojených se

zvýšením fyzické aktivity. Toxicita se projevuje arytmií, infarktem a zástavou srdce a může vézt až ke smrti jedince (Nieber 2017).

3.9.1.3. OSTEOPORÓZA

Osteoporóza je onemocnění především starší populace, u dětí a dospívajících se běžně neobjevuje. Toto onemocnění se projevuje úbytkem kostní hmoty a poruchami její struktury v důsledku tzv. demineralizace, při které dochází k uvolňování vápníku z kostí. Následkem tohoto onemocnění je zvýšená křehkost a náchylnost kostí ke zlomeninám (Berriche et al. 2017). Toto onemocnění postihuje více než 30 % žen nad 50 let po celém světě. Příčiny osteoporózy mohou být různé. Studie zabývající se vlivem kofeinu na lidský organismus prokázaly, že kofein nepříznivě ovlivňuje proliferaci osteoblastů a buňky kostní dřeně, což narušuje celkovou osifikaci. Je potvrzeno, že 3,5-adenosinmonofosfát (cAMP) může regulovat expresi klíčových genů, které se podílejí na kostním metabolismu. V důsledku toho byla navržena hypotéza, že kofein, známý svými inhibičními účinky na cAMP fosfodiesterázu, může narušovat kostní metabolismus tím, že aktivuje cAMP dependentní proteinkinázy A (Zhou et al. 2009). Výsledky studií ukazují, že příjem kofeinu v jednom šálku kávy, má za následek 4-5-ti miligramový pokles vápníku u žen středního věku. Nezávislé studie zabývající se účinky kofeinu na ženy s postmenstruační osteoporózou zjistily, že u nich může docházet k poklesu vápníku až o 6 mg na 100 ml kávy (Heaney 2002). Tento fakt se vysvětluje nepřítomností estrogenů, což může umocňovat nežádoucí efekt kofeinu (Zhou et al. 2009).

3.9.1.4. PORUCHY MOČOVÉHO ÚSTROJÍ

Další studie se zaměřovaly na to, do jaké míry může kofein ovlivňovat močové ústrojí žen a mužů. Závěry urodynamických testů prováděných u žen ukázaly, že po požití kofeinu se zvýšila citlivost močového detruzoru. Jiné studie též potvrdily, že vyšší příjem kofeinu u žen způsobuje nadměrnou aktivitu močového měchýře (Jura et al. 2011). Co ale není doposud jasné je, zda existuje spojitost mezi příjmem kofeinu a vznikem benigní hyperplazie prostaty u mužů. Nezávislé studie došly totiž k protichůdným výsledkům, tudíž negativní účinky kofeinu na vznik benigních nádorů není doposud potvrzen, ani vyvrácen. Co ale bylo potvrzeno jsou účinky kofeinu vyvolávající nykturii, onemocnění, při kterém dochází k probouzení během noci kvůli potřebě močení. Toto onemocnění postihuje především ženy, proto pro předejití se jim nedoporučuje po 18 hod konzumovat kofeinové produkty (Bradley et al. 2017). Zajímavým

zjištěním je, že ženy jsou mnohem náchylnější k jakýmkoliv diuretickým účinkům kofeinu než muži. Výsledky ukazují, že míra účinku kofeinu je u žen až 6x vyšší než u mužů (Zhang et al. 2015). Dalším předmětem zkoumání mnoha studií je, zda příjem kofeinu ovlivňuje inkontinenci u mužů a žen, či nikoliv. Studie, prováděna v USA na mužích starších 20-ti let, potvrdila souvislost inkontinence s příjmem kofeinu vyšším než 234 mg/den, což odpovídá cca dvou šálkům kávy (Davis et al. 2013). Další nezávislá studie dospěla k závěru, že vyšší příjem kofeinu, jehož ekvivalent odpovídá 4 a více šálků kávy denně, je spojen se zvýšeným rizikem výskytu inkontinence u žen (Jura et al. 2011). Existuje však nezanedbatelný počet dalších studií, které vyvracejí vliv kofeinu na zvýšení rizika vzniku inkontinence u mužů i žen. V důsledku toho účinky kofeinu na močovou inkontinenci zůstávají nejasné. Důvodem mohou být rozdílné koncentrace kofeinu u různých druhů čajů a kávy. I přesto je mužům a ženám trpícím močovou inkontinencí doporučeno snížit denní příjem kofeinu (Robinson et al. 2014).

3.9.1.5. TĚHOTENSTVÍ

V minulých letech byly prováděny studie, které se týkaly kofeinu a jeho vlivu na početí. Studiím bylo podrobena 104 žen, které se snažily otěhotnět v průběhu tří měsíců. Ženy, které přijímaly vyšší dávky kofeinu, měly menší pravděpodobnost početí než ženy, které přijímaly nižší dávky kofeinu. Z toho lze usoudit, že existuje vztah mezi příjmem kofeinu a dobou početí. Další studie byly zaměřeny na vývoj plodu v případě, že matka v průběhu těhotenství přijímala vyšší dávky kofeinu. Bylo totiž prokázáno, že kofein přijímaný matkou se skrze placentu snadno dopraví k plodu (Golding 1995). Problémem je, že játra plodu nejsou natolik vyvinuta, aby mohlo dojít k úplnému rozkladu kofeinu. Tudíž poločas rozpadu kofeinu je u plodu mnohonásobně vyšší, než u dospělého jedince (Harland 2000). Analýzy ukázaly, že poločas rozpadu u dospělých se pohybuje kolem 3-6 hodin, zatímco u novorozenců je to 65 až 103 hodin (Caballero et al. 2005). Negativní účinky kofeinu se u plodů projevovaly v podobě arytmií (Golding 1995), nízké porodní hmotnosti a v některých případech dokonce samovolným potratem. Po narození se nadále kofein přijímaný matkou dostává do těla novorozence, a to prostřednictvím mateřského mléka. Tento zdroj kofeinu má též negativní vliv na zdraví, vývoj a chování dítěte (Harland 2000).

3.9.1.6. SPORT

Kofein je nejčastěji užívanou behaviorálně účinnou látkou ve světě a běžnou složkou stravování většiny sportovců (Backhouse et al. 2011). Kofein byl uveden Mezinárodním olympijským výborem na seznam zakázaných látek, a to až do roku 2004, kdy byl z tohoto seznamu odstraněn (Guimarães-Ferreira et al. 2017). Většina vědců se shoduje na ergogenních účincích kofeinu. Jeho mechanismus účinku v oblasti sportovních výkonů zůstává doposud neobjasněný (Backhouse et al. 2011). Existuje však hypotéza, že jeho účinky na sportovní výkony spočívají v antagonismu adenosinových receptorů, čímž může docházet ke stimulaci centrálního nervového systému, což se projevuje snížením pocitu námahy a bolesti a zvýšením bdělosti (Kopec et al. 2016). Souissi et al. (2019) ve své studii prokázaly, že kofein má nejvyšší účinky na výkonnost v těch fázích dne, kdy je fyzická výkonnost nejnižší. Jedná se o 7. a 8. hod ranní a 13. až 15. hod odpolední. Mnoha studiemi bylo potvrzeno, že kofein v dávkách 3 až 9 mg/kg podávaný cca 1 hodinu před sportovním výkonem prodlužuje vytrvalost a celkově zlepšuje fyzický výkon (Anderson 2017). V čem se ale výsledky studií rozcházejí, zda kofein ovlivňuje sílu v silových disciplínách. Některé studie zaznamenaly, že 201 mg kofeinu před silovým tréninkem zlepšily silové výkony v horní polovině těla, ale u spodních končetin nedošlo k žádnému silovému zlepšení. To může být vysvětlováno tím, že působení kofeinu závisí na podílu svalové hmoty. Kofein je tedy účinnější u takové tělesné partie, která obsahuje větší podíl svalové hmoty (Guimarães-Ferreira et al. 2017). S dalším zajímavým tvrzením přicházejí Simulescu et al. (2018), kteří ve své studii zmiňují, že kofein zlepšuje výkonnost při aerobním tréninku, ale nemá žádný vliv na rutinní trénink s vysokým zatížením (Simulescu et al. 2018).

3.10. KOFEIN JAKO NÁVYKOVÁ LÁTKA

Kofein spadá so skupiny stimulačních látek a řadí se mezi nejčastěji užívanou návykovou látku na světě (Juliano et al. 2012). Mezi dnešní populací je velmi oblíbený, zvláště kvůli jeho povzbuzujícím účinkům (Tavares et Sakata 2012). Kofein totiž prodlužuje výkonost, zlepšuje koncentraci, brzdí nástup únavy a obecně poskytuje pocit spokojenosti. Velmi rychle na něj vzniká závislost a není-li uspokojena, projevují se abstinенční příznaky. Se závislostí úzce souvisí i tolerance. Tolerance představuje redukováný účinek určitého činidla, který často vyplývá z pravidelného podávání po určitou dobu. Tudíž je zapotřebí větší dávky konkrétního činidla, pro vytvoření původního účinku. Tolerance ke kofeinu byla potvrzena studií na potkanech, kteří přijímali denně 3 až 100 mg/kg kofeinu a následně se hodnotila jejich pohybová aktivita. Závěrem bylo, že potkanům, kterým nebyl podáván žádný kofein, jednorázová dávka kofeinu 3 mg vyvolala zvýšení pohybové aktivity až o 50 %. Na druhé straně potkanům vystavovaným každodennímu příjmu kofeinu, žádná jednorázová dávka nezpůsobila zvýšení o více než 25 % (Dews et al. 2002).

3.10.1. ABSTINENČNÍ PŘÍZNAKY

Většinou se abstinенční příznaky projevují po 12-ti až 24-ti hodinách od poslední dávky a přetrvávají po dobu jednoho týdne. V některých případech však abstinенční příznaky mohou nastoupit už po 3 až 6-ti hodinách od poslední dávky (Nehlig 1999). Za nejčastější abstinенční příznaky jsou považovány bolesti hlavy, pocity únavy, slabost, zhoršená koncentrace, deprese, úzkost, zvýšené svalové napětí, třes a nevolnost. Mezi nejzávažnější projevy abstinенčních příznaků patří tachykardie, třes, pokles krevního tlaku a vylučování adrenalinu v moči (Tavares et Sakata 2012). Studie ukázaly, že abstinенční příznaky se vyskytují u jedinců, kteří denně konzumují kofein v dávkách od 129 do 2548 mg (Hughes et al. 1992). Jiné studie však zaznamenávají abstinенční příznaky u jedinců, kteří denně přijímali pouhých 100 mg kofeinu (1 šálek kávy). Ti si po vyloučení kofeinu ze stravy stěžovali na bolest hlavy (Mitchell et al. 1995). Bylo potvrzeno že ti, kteří konzumují kávu denně, snášejí abstinенční příznaky hůře oproti těm, kteří kávu pijí jen příležitostně. V závislosti na tom se vědci domnívají, že pravidelná denní spotřeba kofeinu může být citlivějším prediktorem abstinенčních příznaků, než konkrétní množství při jednorázové dávce (Juliano et al. 2012).

3.10.2. DEPRESE

Biochemická podstata deprese tkví ve změně metabolismu tryptofanu (Hall et al. 2015). Tryptofan se řadí mezi nezbytné esenciální aminokyseliny. Je totiž výchozí látkou při biosyntéze mnoha důležitých látek, zejména serotoninu. Serotonin, takzvaný hormon štěstí, je přenašeč nervových vzruchů a pozitivně ovlivňuje psychický stav jednice (Žmudzka et al. 2018). Bylo prokázáno, že vysoké dávky kofeinu zvyšují jaterní degradaci tryptofanu tím, že zvyšují aktivitu tryptofanpyrolázy, enzymu, který se podílí na štěpení tryptofanu, a tím nepřímo ovlivňuje syntézu serotoninu. Závěrem této studie je, že opakované dávky kofeinu mohou snižovat přeměnu tryptofanu na serotonin, a tím vyvolat depresi, zejména však jako důsledek abstinenčních příznaků (Haleem et al. 1995). Na druhé straně Yin et al. (2015) ve své studii pozoroval i opačné vlastnosti kofeinu. Výsledky jeho studií ukázaly, že pravidelné dávky kofeinu zvrátily nástup depresí u myší, jež byly vystaveny stresovým faktorům. Za hlavní princip antidepresivních účinků kofeinu navrhoval jeho dopaminergní vlastnosti, které budou popsány níže.

3.11. ZDRAVÍ PROSPĚŠNÉ ÚČINKY KOFEINU

3.11.1. PARKINSONOVA CHOROBA

Parkinsonova choroba (PD) je neurodegenerativní porucha charakterizována postupnou ztrátou dopaminergních neuronů, zejména dopaminu, jehož pokles může být až o 80 % (Xu et al. 2016). Snížená koncentrace dopaminu v těle způsobuje zhoršenou motorickou funkci, která se projevuje ztuhlostí dolních končetin, křečí a neschopností kontrolovat veškerý svůj pohyb (Ascherio & Schwarzschild 2016). Nedávno byl kofein označen za látku, která má symptomatické a neuroprotektivní účinky na degeneraci dopaminergních neuronů. Toto tvrzení bylo potvrzeno studií, která ze svých výsledků usoudila, že 296 mg (+- 150 mg) kofeinu denně tlumí projevy motorické disfunkce. Z tohoto důvodu je kofein považován za potencionální nový účinný zdroj při vývoji nových antiparkinsonik (Moccia et al. 2016). Nejen, že kofein tlumí a zpomaluje nástup nežádoucích účinků PD, ale bylo potvrzeno, že dlouhodobý příjem kofeinu snižuje riziko vzniku této choroby až o 33 % (Nieber 2017). Zajímavostí je, že kofein má silnější účinky na snížení rizika vzniku DP u mužů než u žen. To je pravděpodobně dané interakcí mezi kofeinem a postmenopauzálními hormony (Ascherio et Schwarzschild 2016).

3.11.2. OBEZITA

Obezita je klasifikována jako přebytný tělesný tuk a je definována jako index tělesné hmotnosti, který je vyšší či roven 30-ti mg /kg². Souvislost mezi příjmem kávy (kofeinu) a snížením rizika rozvoje obezity je velmi často skloňovaným tématem (Pimentel et al. 2014). Výsledky studií, jenž se zabývají účinky kofeinu a kávy na snižování chuti k jídlu a snižování příjmu energie, jsou však protichůdné. Schubert et al. (2017) ve své studii shrnul výsledky 10-ti významných studií, jenž se zabývaly vlivy kofeinu na snížení příjmu energie. Zprůměrováním výsledků dospěl k závěru, že energetický příjem u subjektů, kterým byl podáván kofein v průměrném množství 281 mg/den, byl nižší (3017 kJ) než u srovnávací skupiny (3446 kJ), jejíž denní dávka kofeinu byla nulová. Názor, že vlastnosti kofeinu mají dopad i na sekreci střevních hormonů (inkretinů), které ovlivňují chuť k jídlu, byly potvrzeny jen několika málo studiemi, ve kterých došlo po požití kofeinu k nárůstu jednoho z inkretinů tzv. GLP, který navozuje v mozku pocit nasycenosti. K potvrzení tohoto účinku je třeba více odborných studií (Beaudoin et al. 2011). Studie zabývající se obezitou u dospívajících potvrdila,

že kombinace kofeinu a efedrinu vedla k větší ztrátě hmotnosti u dospívajících ve srovnání s placebem. Což naznačuje, že směs těchto dvou látek může být účinným doplňkem při léčbě obezity u dětí a dospívajících (Temple 2009).

3.11.3. REGULACE METABOLISMU TUKU A GLUKOZY

Dalším předmětem zkoumání je, zda vlastnosti kofeinu mohou ovlivňovat sekreci insulinu a hladinu glukózy v krvi, a tím předcházet onemocněním diabetes 2. typu. Většina studií se shodují, že dlouhodobá konzumace kávy s kofeinem, snižuje riziko vzniku *diabetes mellitus* 2. typu. Bylo potvrzeno, že u pacientů, kteří dlouhodobě přijímají kofein v dávkách 152 mg/den, je až o 55 % nižší riziko výskytu *diabetes mellitus* 2. typu oproti pacientům, jejichž denní příjem kofeinu je menší než 65 mg (Mirmiran et al. 2018). Některé studie však zaznamenaly příznivé účinky na hospodaření glukózy v krvi a sekreci inzulinu i u kávy bez kofeinu. Což naznačuje, že významnou roli při prevenci onemocněním diabetes 2. typu mají i ostatní látky obsažené v kávě, jako je kyselina chlorogenová, lignany, trigonelin, N-methylpyridinium, vitamíny a diterpeny (Buscemi et al. 2016). Závěrem je, že nejen kofein, ale také další látky obsažené v kávě, ale i čaji (Pham et al., 2014), podporují redukci řady indikátorů způsobujících obezitu, a tím zlepšují glukózovou toleranci, lipidový profil a zabraňují rezistenci vůči insulinu (Pimentel et al. 2014).

3.11.4. KOFEIN JAKO ANTIOXIDANT

Procházková et al. (2011) ve své studii zmiňuje jeden z mnoha návrhů definic pro pojem antioxidant, který zněl takto: „za antioxidant je považována jakákoliv látka, která oddaluje, předchází nebo odstraňuje oxidační poškození v cílové buňce“. Fyziologická role těchto sloučenin, tak jak definice navrhuje, je zejména zabránění poškození buněčných organel, ke kterým může dojít při chemických reakcích zahrnujících volné radikály. Z chemického hlediska volný radikál představuje jakoukoliv molekulu, atom či iont s nepárovými elektrony ve valenční sféře, schopný alespoň krátkodobé samostatné existence (Pláteník 2009). Následkem působení volných radikálů v těle je vznik oxidačního stresu, který patří mezi hlavní původce generativních onemocnění, včetně *diabetes mellitus*, aterosklerózy, artritidy, Alzheimerovy choroby, Parkinsonovy choroby a rakoviny (Metro et al. 2017). Objevily se důkazy o tom, že kofein do jisté míry může působit jako antioxidant. Kofein má totiž srovnatelnou antioxidační kapacitu s glutationem, silným endogenním antioxidantem, který

chrání buňky před poškozením volnými radikály. Studie potvrdily, že i metabolity kofeinu, teobromin a xantin, vykazují antioxidační aktivitu a zabraňují produkci hydroxilových radikálů, peroxilových radikálů a singletového kyslíku (Hall et al. 2015). V jedné studii bylo prokázáno, že sedmidenní příjem kofeinu u mladých zdravých jedinců v dávkách 5 mg/kg/den vyvolal jednoznačně prospěšné změny v řadě biochemických indexů oxidativního stresu, přičemž velikost těchto změn byla největší pro poměr mezi GHS (glutathion) a GSSG (oxidovaný glutathionem) (Metro et al. 2017). Kofein a látky jemu příbuzné vykazují vysoký oxidační potenciál, jak v aprotickém, tak ve vodném médiu, což těmto sloučeninám brání v oxidaci, a z toho důvodu je lze obecně považovat za antioxidanty (Petrucci et al. 2018b).

3.11.5. DÝCHACÍ SOUSTAVA

U konzumentů, jejichž užívání kofeinu je jen příležitostné, bylo pozorováno, že kofein o koncentraci 4 mg/kg uvolňuje bronchiolární a alveolární svaly, čímž se zvyšuje průtok krve i přívod vzduchu do plic, což má za následek zvýšení průměrné rychlosti dýchání a výkonu srdce. Kvůli těmto skutečnostem se kofein využívá při léčbě předčasně narozených novorozenců trpících apnoí. Pozitivní ohlasy na účinky kofeinu byly zaznamenány i u pacientů trpících astmatem, kdy kofein způsobuje bronchodilataci (Tavares et Sakata 2012).

3.11.6. PAMĚŤ

Vzhledem k tomu, že mozkový neurotrofní faktor (BDNF) je úzce spojen s tvorbou paměti a jeho účinky jsou modulovány adenosinovými receptory, je pravděpodobné, že kofein, známý antagonist adenosinových receptorů, může ovlivňovat procesy krátkodobé a dlouhodobé paměti (Sallaberry et al. 2013). Studie na potkaních se zabývala tím, zda má kofein nějaký dopad na zhoršení paměti vlivem stáří, zjistila, že 30 mg kofeinu na kg tělesné hmotnosti po dobu 30-ti dnů pozitivně ovlivňuje dlouhodobou paměť u krys středního věku (18 měsíců). U krátkodobé paměti nebyly pozorovány žádné významné účinky (Leite et al. 2014). Tento fakt potvrzují i další studie, které tvrdí, že dlouhodobá konzumace kofeinu působí proti poruchám paměti následkem stáří, a dokonce brání vzniku Alzheimerovi nemoci (Espinosa et al. 2013). Ardias et al. (2014) ve svých výzkumech na laboratorních krysách zjistili, že konzumace kofeinu o koncentraci 0,04 a 0,08 po dobu 20-ti dnů, zlepšuje jejich rozpoznávací paměť a po dobu 90-ti dnů má pozitivní dopad na jejich dlouhodobou paměť (Xu & Reichelt 2018). Dalším návrhem pro mechanismus účinku kofeinu je jeho schopnost

usnadňovat uvolňování dopaminu z hypotalamu. Tohoto faktu se ve svých výzkumech ujaly Wilt a Revelle (2009), kteří přišli s tvrzením, že kofein má odlišnou odezvu u extrovertů oproti introvertům. Extroverti jsou totiž vůči dopaminu méně citliví, tudíž ho potřebují více oproti introvertům. Výsledky jejich studií ukazují, že kofein zlepšuje výkonnost verbálních testů u extrovertů, nikoliv však u introvertů. To může být způsobeno tím, že kofein ovlivňuje tzv. pracovní paměť, která závisí na dopaminergní modulaci. Přesný mechanismus účinku kofeinu, který je zodpovědný za pozitivní účinky na uchování paměti, není doposud podrobněji popsán a je předmět dalšího zkoumání (Smillie & Gökçen 2010).

4. MATERIÁL A METODY

4.1. SBĚR A ZPRACOVÁNÍ DAT

Sběr dat byl realizován prostřednictvím dotazníkového šetření, které bylo zaměřeno na studenty středních škol a učilišť z celé České republiky. Dotazníkové šetření probíhalo od 1. prosince 2018 do 8. února 2019. Dotazník byl sestaven na základě hypotéz, jehož obsah jsem konzultovala s mým vedoucím diplomové práce. V úvodu dotazníku byli respondenti seznámeni s cílem šetření, anonymitou a správném způsobu vyplňování. Na závěr nechybělo poděkování za ochotu a pečlivost při jeho vyplňování.

4.2. STRUKTURA DOTAZNÍKU

Dotazník se skládal z 17-ti otázek. Zvolila jsem elektronickou formu dotazníku, kterou jsem zpřístupnila na různých internetových serverech. Obsahoval jak otevřené, tak i uzavřené odpovědi. Dotazník byl sestaven tak, aby přiblížil znalosti o účincích kofeinu na lidský organismus, jeho obsah v potravinách, a také frekvenci a zvyklosti spojené s konzumací potravin obsahující kofein u studentů středních škol a učilišť.

4.3. SOUBOR RESPONDENTŮ

Vypracovaný dotazník jsem zveřejnila na několik facebookových skupin. Nejširší zastoupení respondentů se mi dostalo v Hradci Králové, konkrétně ze Střední školy služeb, obchodu a gastronomie a z Podkrušnohorského gymnázia v Mostě. Zbytek respondentů pocházel z Prahy, Příbrami, Tábora a okolí Mostecka (Velebudice, Meziboří). Jediným kritériem při výběru respondentů bylo studium na jakékoliv střední škole či učilišti.

4.4. ANALÝZA VÝSLEDKŮ DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ

Výsledky jsem zpracovala pomocí programu Microsoft Excel a následně vyhodnotila pomocí programu Statistica 12. Z důvodu lepší orientace jsem výsledky vyhodnotila graficky s ohledem na typ středních škol a učilišť.

4.4.1. DOTAZNÍK

Dobrý den, jmenuji se Klára Hlavsová a jsem studentkou fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze, kde studuji obor kvalita a zpracování zemědělských produktů. Tímto bych Vás ráda požádala o vyplnění dotazníku k mé diplomové práci na téma: Kofein ve výživě adolescentů. Ujišťuji Vás, že výsledky dotazníkového šetření budou sloužit jen pro účely mé diplomové práce a jsou zcela anonymní.

- 1) Prosím zvolte pohlaví
 - a) muž
 - b) žena

- 2) Prosím zvolte Vaši věkovou kategorii
 - a) 15-16
 - b) 17-18
 - c) 19 a více

- 3) Napište název školy a oboru, který studujete

- 4) Co je to kofein?
 - a) Kofein je návyková látka, která podporuje růst svalové hmoty
 - b) Kofein se řadí mezi alkaloidy a ovlivňuje centrální nervovou soustavu
 - c) Kofein je přírodní látka, jejíž účinky zhoršují paměť

- 5) Učili jste se ve škole o kofeinu?
 - a) Ano
 - b) Ne
 - c) Nevím

- 6) Jak často provozujete některou z pohybových aktivit
- 4 – 5x týdně
 - 2 – 3x týdně
 - 1 x týdně
 - 2 x za měsíc
 - Nesportuji
- 7) Cítíte se často unavení?
- ano
 - ne
 - občas
- 8) Vyberte potraviny, u kterých se domníváte, že obsahuje kofein
- káva
 - zelený čaj
 - černý čaj
 - energetické nápoje
 - Coca-cola
 - Fanta
 - hořká čokoláda
 - Melta
 - Caro
 - Ovocný čaj
- 9) Jak často konzumujete kofeinové výrobky?
- Denně
 - 3 x týdně
 - 1 x týdně
 - 1 x měsíčně
- 10) Kolik v průměru porcí u výrobků v tabulce denně zkonsumujete? (Velikost 1 porce je 250 ml)

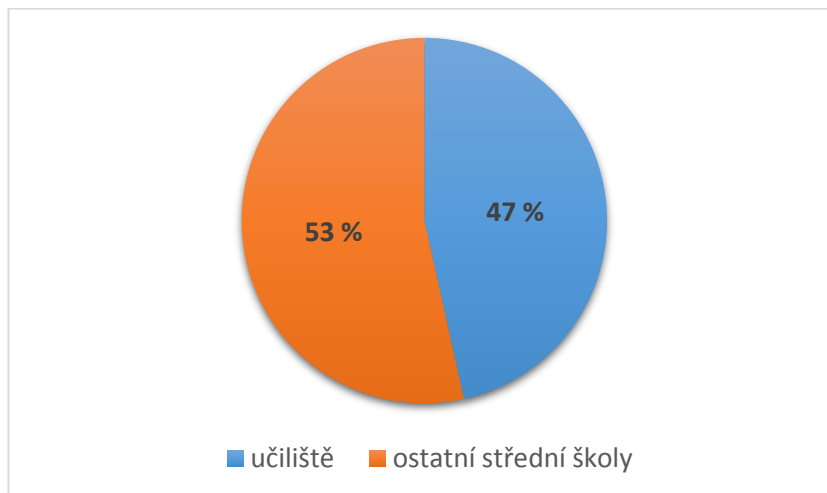
Nápoj	1 porce	2 porce	3 porce	≥ 4 porce	0 porcí
káva					
čaj (zelený, černý)					
Coca-cola					
energetické nápoje					

- 11) Zvyšuje se u vás konzumace kofeinových výrobků před zkouškou či testem?
- Ano
 - Ne
- 12) Myslíte si, že automaty s kofeinovými výrobky patří do škol?
- Ano
 - ne

- 13) Čtete složení produktů a množství kofeinu vyznačených na etiketách?
- a) Ano
 - b) Ne
 - c) Občas
- 14) Kofeinové výrobky konzumuju z důvodu:
- a) Doplnění energie
 - b) Chuti a sensorickým vlastnostem
 - c) Při učení
 - d) V souvislosti s fyzickou aktivitou
 - e) Uhašení žízně
 - f) Nekonzumují je
- 15) Vyberte pravdivé tvrzení o negativních účincích kofeinu
- a) Zhoršuje paměť
 - b) Zvyšuje tělesnou hmotnost
 - c) Může navozovat pocit úzkosti či deprese
 - d) Zpomaluje vstřebávání živin
- 16) Vyberte pravdivé tvrzení o pozitivních účincích kofeinu
- a) Zlepšuje soustředěnost
 - b) Urychluje vstřebávání živin
 - c) Zlepšuje kvalitu spánku
 - d) Snižuje hyperaktivitu u dětí
- 17) Pociťovali jste po požití kofeinového produktu některé z těchto příznaků: bušení srdce, úzkost, deprese, třes, bolest hlavy, nevolnost
- a) Ano
 - b) Ne

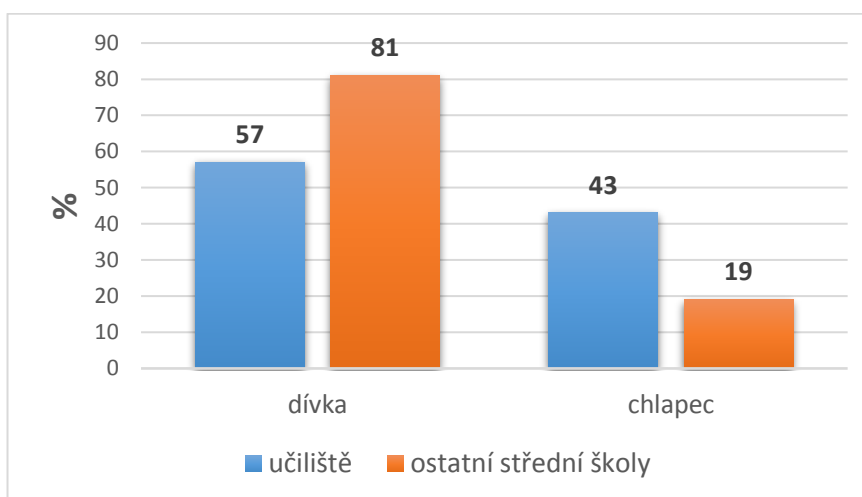
5. VÝSLEDKY

Z grafu číslo 1 lze vyčíst, že celkový počet 101 respondentů, je tvořen 47 % studenty z učilišť a 53 % studenty z ostatních středních škol.

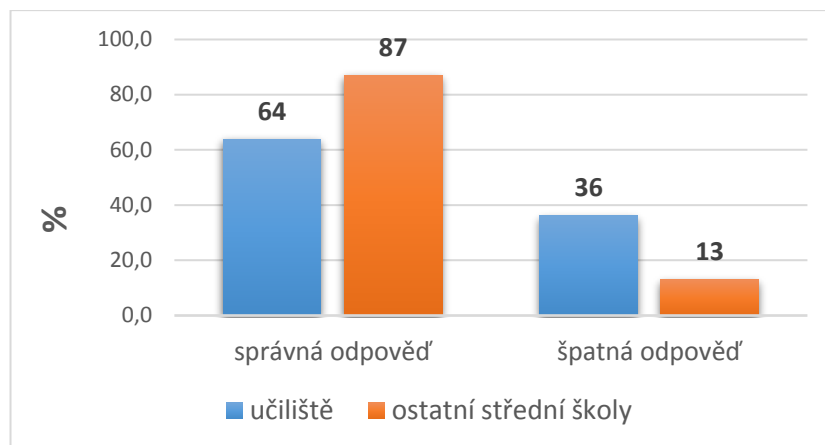


GRAF 1: Rozdělení studentů dle druhu středních škol

Z grafu číslo 2 je patrné, že soubor respondentů je obecně tvořen spíše dívkami než chlapci. Z celkového počtu 54 studentů z učilišť představuje 57 % dívek a 43 % chlapců. Respondenti z ostatních středních škol jsou tvořeny z 81 % dívkami a 19 % chlapci.



GRAF 2: Rozdělení souboru studentů dle pohlaví



GRAF č. 3: Znárodnění relativní četnosti odpovědí studentů na otázku: „Co je to kofein“?

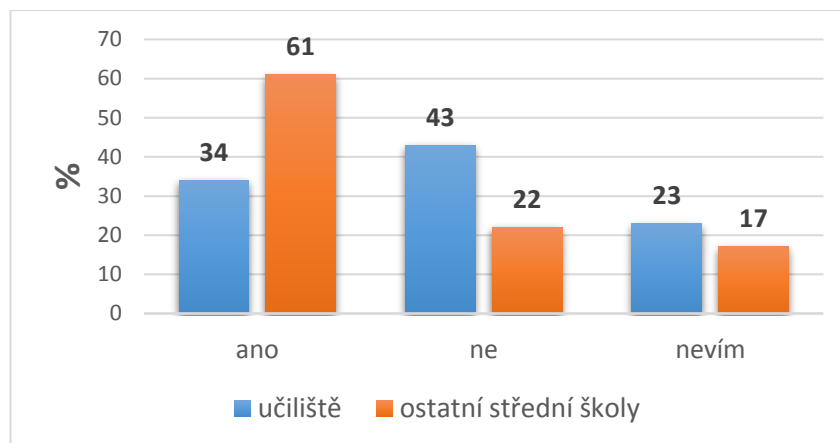
Z grafu číslo 3 vyplývá, že poměrná většina studentů z ostatních středních škol, konkrétně 87 % zodpověděla otázku: „Co je to kofein“? správně. Pouhých 13 % SO na tuto otázku neznalo správnou odpověď. Naopak studenti z učilišť chybovali při zodpovězení této otázky až 3x častěji než SO. Z celkového počtu 47 SU jich 36 % neznalo správnou odpověď, zbylých 64 % zodpovědělo tuto otázku správně.

Tabulka č. 2 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 3

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	7,47065	df=1	p=,00627
M-V chí-kvadr.	7,595287	df=1	p=,00585
Fí pro tabulky 2 x 2	-0,271968		
Tetrachorická korelace	-0,454834		
Kontingenční koeficient	0,2624358		

- Ho: Odpověď na otázku týkající se znalostí o kofeinu není závislá na druhu střední školy
H₁: Odpověď na otázku týkající se znalostí o kofeinu je závislá na druhu střední školy
- $\alpha = 0,05$
- $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- Existuje slabá závislost 0,2720

Hodnoty ze statistického šetření jsou uvedeny v tabulce číslo 2. Na základě těchto hodnot zamítáme nulovou hypotézu ($p < 0,05$) a můžeme tvrdit, že existuje statisticky významná závislost (0,2720) mezi znalostmi studentů o kofeinu na druhu středních škol, které studují.



GRAF 4: Výuka kofeinu na středních školách

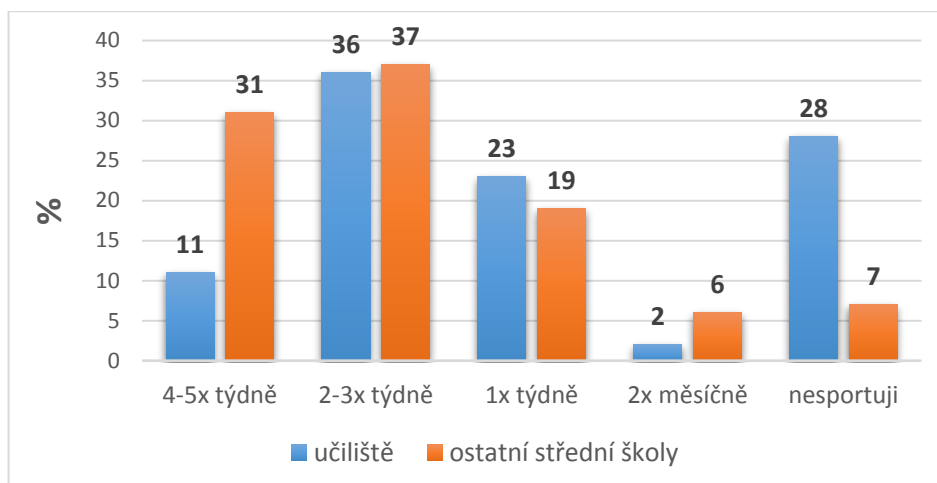
Čtvrtá otázka v dotazníku nám pomohla zjistit, jakou roli sehraává škola v informovanosti studentů o základních charakteristikách kofeinu. Z grafu číslo 4 je patrné, že odpovědi SU a SO byly dosti odlišné. Z celkového počtu 54-ti SO uvedlo 61 %, že během výuky jim byly představeny základní charakteristiky kofeinu. Z celkového počtu 47-ti SU si 34 % myslí, že ve škole byli informováni o základních charakteristikách kofeinu. Naopak 22 % SO a 43 % SU si nejsou vědomi, že v některém z předmětů by se vyučující zmiňovali o základních charakteristikách kofeinu. Zbýlých 17 % SO a 23 % SU si nebylo jistých, zda s danou problematikou byli během vyučování seznámeni, a proto zvolili variantu „nevím“.

Tabulka č. 3 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 4

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	7,649555	df=2	p=,02182
M-V chí-kvadr.	7,758542	df=2	p=,02067
Fí	0,2752057		
Kontingenční koeficient	0,2653408		
Cramér. V	0,2752057		

- H_0 : Odpovědi studentů nezávisí na druhu jejich střední školy
 H_1 : Odpovědi studentů závisí na druhu střední školy
- $\alpha = 0,05$
- $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- Existuje slabá závislost 0,2653

Na základě statistického vyhodnocení (viz tabulka č. 3) bylo možno zamítnout nulovou hypotézu ($p < 0,05$) a potvrdit, že existuje statisticky významná závislost (0,2653).



GRAF 5: Četnost fyzické aktivity u studentů

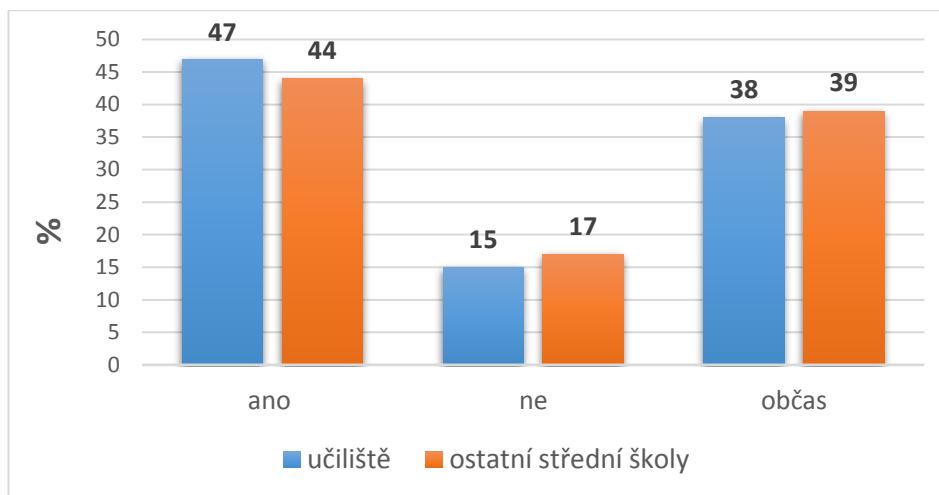
Z grafu číslo 5 lze procentuálně určit frekvenci fyzické aktivity u studentů ze středních škol. I přesto, že otázka byla pouze doplňující pomohla v některých ohledech nastínit zvyklosti respondentů spojené s konzumací kofeinových výrobků a jejich využití při sportu. Z celkového počtu 47-ti SU uvedlo 28 %, že vůbec nesportuje, zatímco tuto variantu zvolilo pouze 7 % SO. Dále z grafu vyplývá, že 31 % SO provozují fyzickou aktivitu 4-5x týdně, což je výrazně častěji oproti SU (11 %). Nejvíce zastoupená byla aktivita 2-3x týdně, kterou zvolilo 36 % SU a 37 % SO.

Tabulka č.4 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 5

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	12,17435	df=4	p=,01610
M-V chí-kvadr.	12,78514	df=4	p=,01237
Fí	0,3471861		
Kontingenční koeficient	0,3279812		
Cramér. V	0,3471861		

- Ho: Odpovědi studentů nezávisí na druhu střední školy
H₁: Odpovědi studentů závisí na druhu střední školy
- $\alpha = 0,05$
- $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu)
- Existuje středně silná závislost 0,3280

V tabulce č. 4 je zobrazen přehled výsledků ze statistické analýzy. Závěrem statistického šetření je, že zamítáme nulovou hypotézu ($p < 0,05$) a tvrdíme, že závislost je statisticky významná (0,3280).



GRAF 6: Častý pocit únavy u studentů středních škol

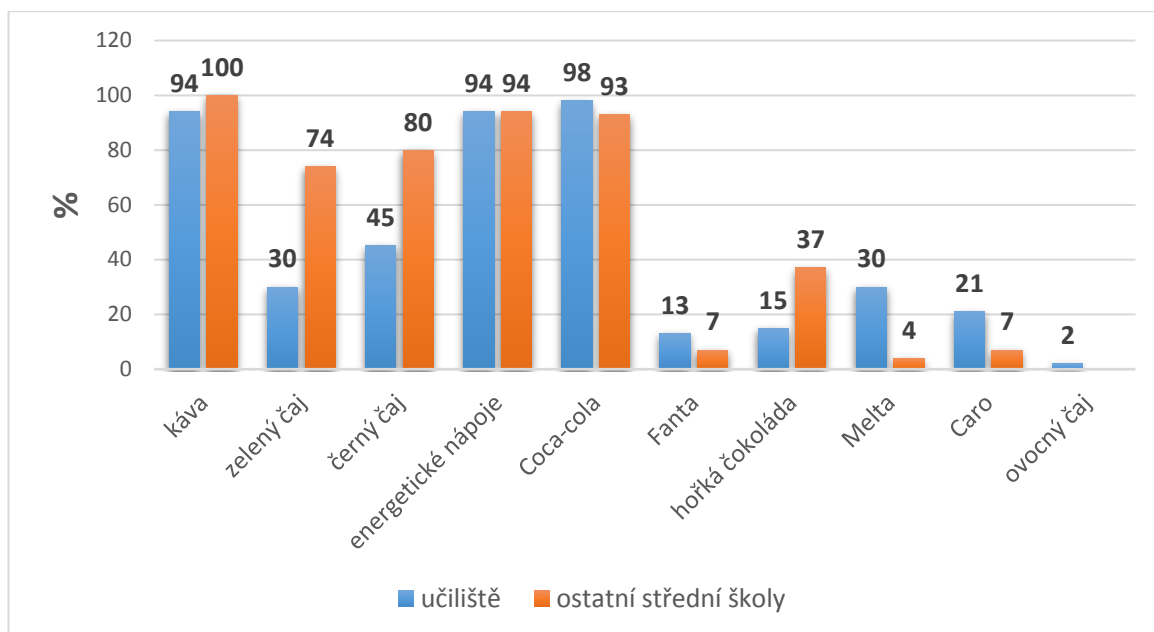
Otázka číslo 7 měla za úkol zjistit, zda studenti pociťují častý nástup únavy. Odpovědi pomohly při posuzování četnosti a příčin konzumace kofeinových nápojů u studentů. Z grafu číslo 6 je patrné, že nástup únavy u studentů z učilišť a studentů z ostatních středních škol se nijak výrazně neliší. Z celkového počtu respondentů uvedlo 47 % studentů z učilišť a 44 % studentů z ostatních středních škol, že s pocitem únavy se setkávají poměrně často. Oproti tomu 38 % SU a 39 % SO odpovědělo, že pocit únavy se u nich objevuje jen občas. Zbytek respondentů, tedy 15 % SU a 17 % SO se často unaveni necítí.

Tabulka č. 5 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 6

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	0,0829758	df=2	p=,95936
M-V chí-kvadr.	0,0830988	df=2	p=,95930
Fí	0,0286626		
Kontingenční koeficient	0,0286508		
Cramér. V	0,0286626		

- H_0 : Odpovědi na otázku týkající únavy nezávisí na druhu střední školy
 H_1 : Odpovědi na otázku týkající se únavy závisí na druhu střední školy
- $\alpha = 0,05$
- $p > 0,05$ (Nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu).

Z hlediska výsledků statistické analýzy, které jsou uvedeny v tabulce číslo 5, nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu ($p > 0,05$), a tudíž neexistuje statisticky významná závislost.



Graf č. 7: Identifikace kofeinových výrobků studenty střeňích škol

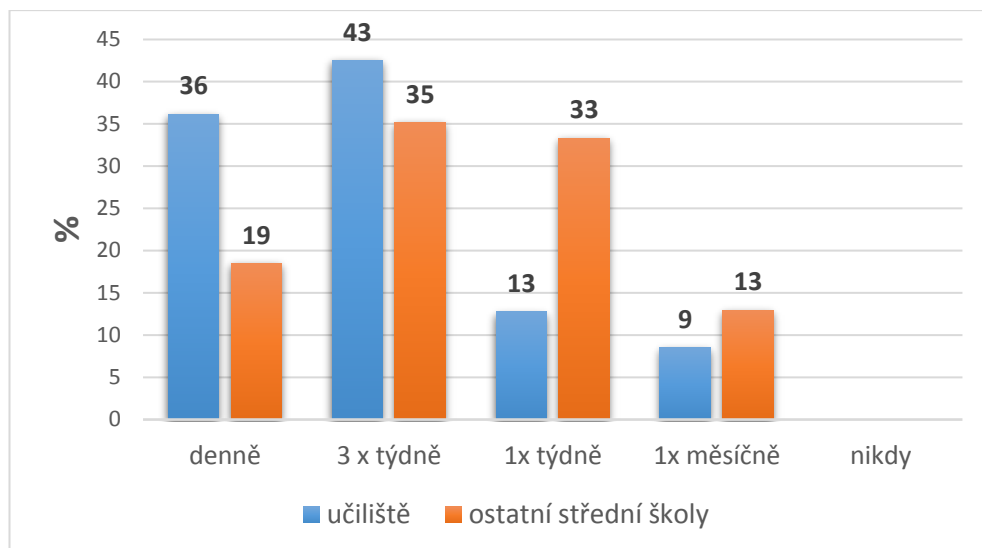
Z celkového počtu 54 studentů z ostatních středních škol dokázalo pouze 37 % správně identifikovat všechny zdroje kofeinu. Naopak z celkového počtu 47 studentů z učilišť identifikovalo všechny kofeinové výrobky pouze 15 %. Obecně SU při označování kofeinových výrobků chybovali častěji než SO. Mezi potraviny obsahující kofein, které SU zapomínali označit patří hořká čokoláda (85 %) zelený (70 %) a černý čaj (55 %). Studenti z ostatních středních škol zapomínali pouze na hořkou čokoládu (63 %) a zelený čaj (26 %). Byly však označeny i potraviny, které kofein neobsahují. Studenty z učilišť byla nesprávně označena Melta (30 %), Fanta (13 %), Caro (21 %) a ovocný čaj (2 %). Zatímco SO nesprávně označily jako zdroj kofeinu Fantu (7 %), Meltu (4 %) a Caro (7 %).

Tabulka č. 6 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 7

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	33,73728	df=9	p=,00010
M-V chí-kvadr.	35,71877	df=9	p=,00004
Fí	0,2665068		
Kontingenční koeficient	0,2575184		
Cramér. V	0,2665068		

- a) H_0 : Znalost obsahu kofeinu u vybraných druhů potravin nezávisí na druhu střední školy
 H_1 : Znalost obsahu kofeinu u vybraných druhů potravin závisí na druhu střední školy
- b) $\alpha = 0,05$
- c) $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- d) Existuje slabá závislost (0,2580)

V tabulce číslo 6 jsou zapsány výsledky ze statistického vyhodnocení. Na základě těchto výsledků zamítáme nulovou hypotézu ($<0,05$) a tvrdíme, že existuje statisticky významná závislost (0,2580).



Graf č. 8: Frekvence konzumace kofeinových výrobků

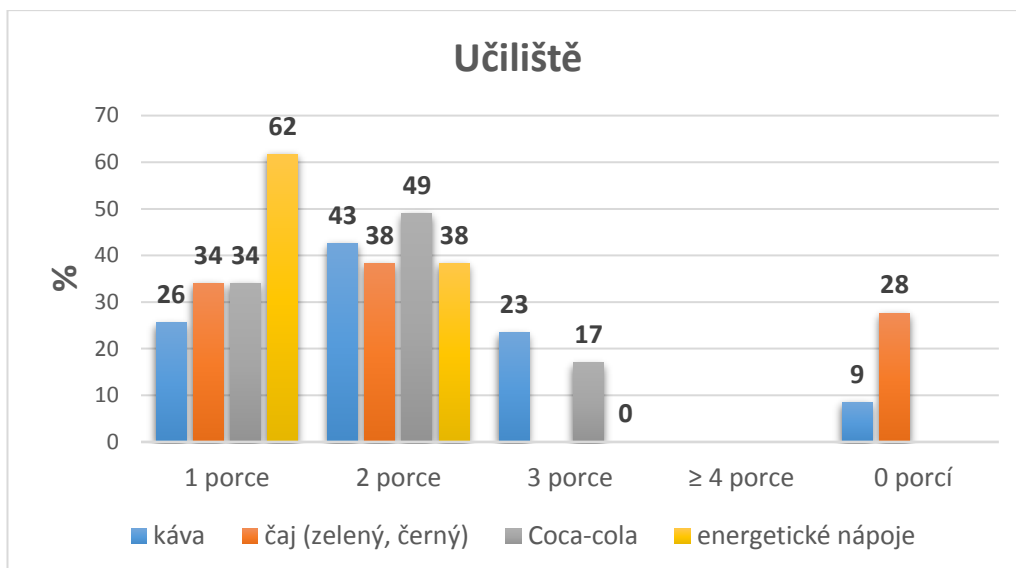
Graf číslo 8 znázorňuje frekvenci konzumace kofeinových výrobků studenty středních škol. Z grafu č. 8 je patrné, že studenti z učilišť konzumují kofeinové výrobky častěji než studenti z ostatních středních škol. Nejčastější odpověď studentů nezávisle na druhu střední školy byla, že kofeinové výrobky konzumují 3 x týdně. Tuto odpověď zvolilo 43 % studentů z učilišť a 35 % studentů z ostatních středních škol. Druhou nejčastější odpovědí SU byla denní konzumace kofeinových výrobků, kterou zvolilo 36 %. Naopak denní konzumaci kofeinových výrobku zvolilo pouze 19 % SO.

Tabulka č. 7 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 8

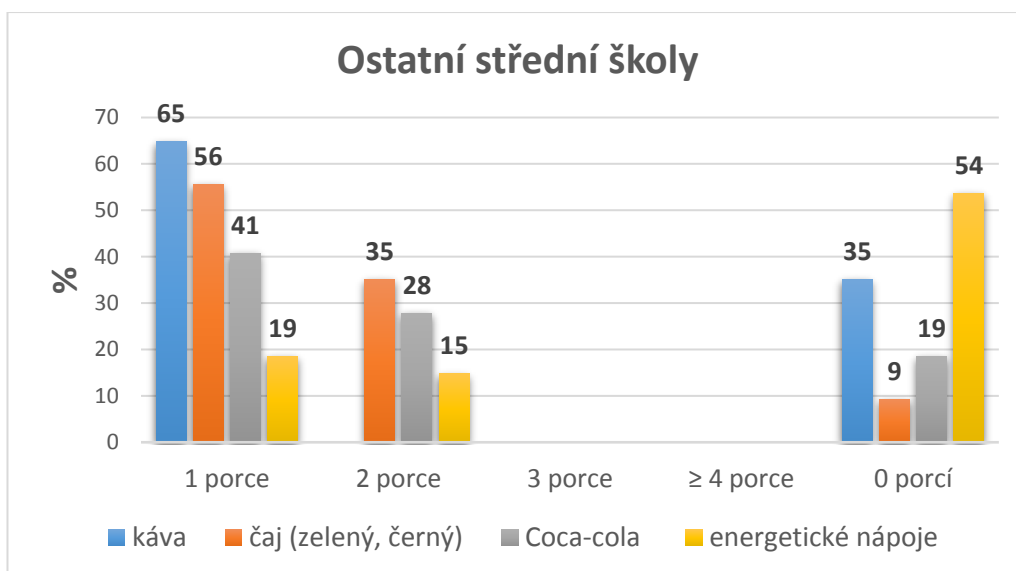
Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	8,212939	df=3	p=,04181
M-V chí-kvadr.	8,483436	df=3	p=,03701
Fí	0,28516		
Kontingenční koeficient	0,2742283		
Cramér. V	0,28516		

- a) H_0 : Frekvence konzumace kofeinových výrobků studenty nezávisí na druhu středních škol
 H_1 : Frekvence konzumace kofeinových výrobků studenty závisí na druhu středních škol
- b) $\alpha = 0,05$
- c) $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- d) Existuje slabá závislost (0,2742)

Hodnoty ze statistického vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce č. 7. Na základě těchto hodnot zamítáme nulovou hypotézu ($p < 0,05$) a potvrzujeme, že existuje statisticky významná závislost (0,2742)

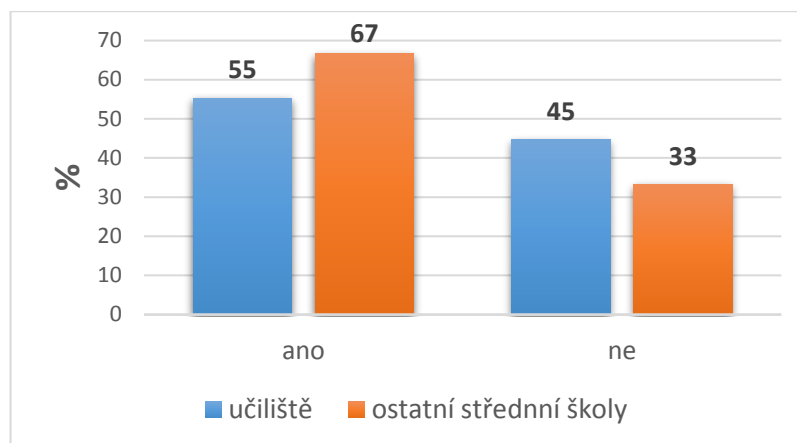


Graf č. 9: Denní konzumace kofeinových výrobků u studentů z učilišť



Graf č. 10: Denní konzumace kofeinových výrobků u studentů z ostatních středních škol

Grafy číslo 9 a 10 slouží k porovnání maximálního počtu porcí kofeinových výrobků, které studenti z učilišť a studenti z ostatních středních škol jsou schopní za jeden den zkonsumovat. Na první pohled je zřejmé, že maximální denní spotřeba kofeinových výrobků u obou skupin studentů je jedna až dvě porce. Výjimkou je 17 % SU, jejichž maximální denní spotřeba Coca-coly může být až 3 porce za den a 23 % SU konzumující až 3 porce kávy za den. Podstatný rozdíl mezi SU a SO je v konzumaci energetických nápojů. SU uvedli, že z 62 % konzumují 1 porci energetických nápojů denně. Oproti tomu 54 % SO uvedlo, že energetické nápoje vůbec nepije.



Graf č. 11: Zvýšená konzumace kofeinových výrobků před zkouškou či testem

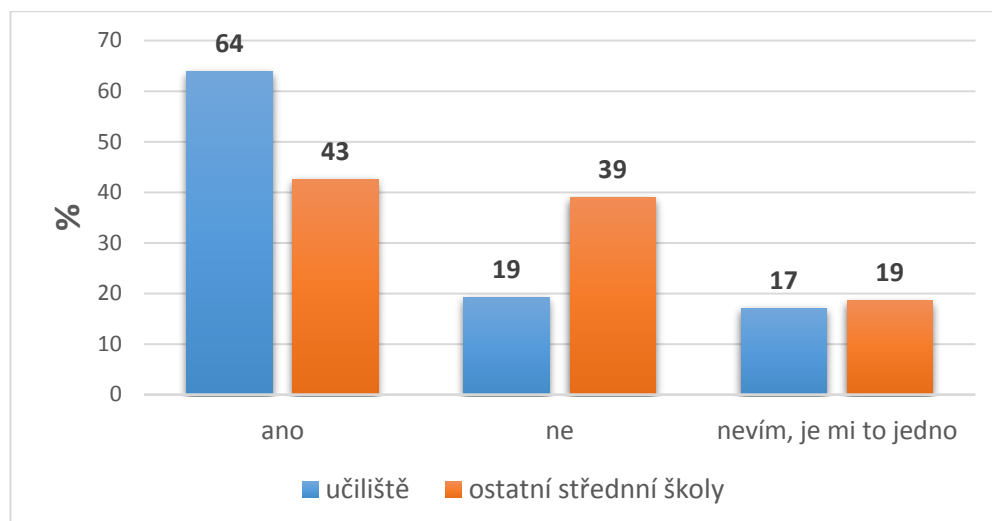
Z grafu číslo 11 je evidentní, že konzumace kofeinových výrobků ve spojení se studiem se u studentů z učilišť ani u studentů z ostatních středních škol neliší. Dále je možné vyčíst, že v souvislosti se zkouškou či testem se u 67 % studentů z ostatních středních škol a u 55 % studentů z učilišť konzumace kofeinových výrobků zvyšuje. Naopak 45 % SU a 33 % SO uvedlo, že jejich příjem kofeinových výrobků se během učení nijak zvlášť nemění.

Tabulka č. 8 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 11

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	1,365081	df=1	p=,24266
M-V chí-kvadr.	1,36543	df=1	p=,24260
Fí pro tabulky 2 x 2	-0,116257		
Tetrachorická korelace	-0,184277		
Kontingenční koeficient	0,1154791		

- a) H_0 : Zvýšená konzumace kofeinových výrobků před zkouškou či testem nezávisí na druhu středních škol
 H_1 : Zvýšená konzumace kofeinových výrobků před zkouškou či testem závisí na druhu středních škol
- b) $\alpha = 0,05$
- c) $p > 0,05$ (Nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu).

Na základě statistického šetření (viz tabulka č. 8) nelze zamítnout nulovou hypotézu ($p > 0,05$), což znamená, že konzumace kofeinových výrobků studenty před zkouškou či testem není závislá na druhu školy, kterou studenti studují.



Graf č. 12: Postoj k umístování automatů na kávu ve školách

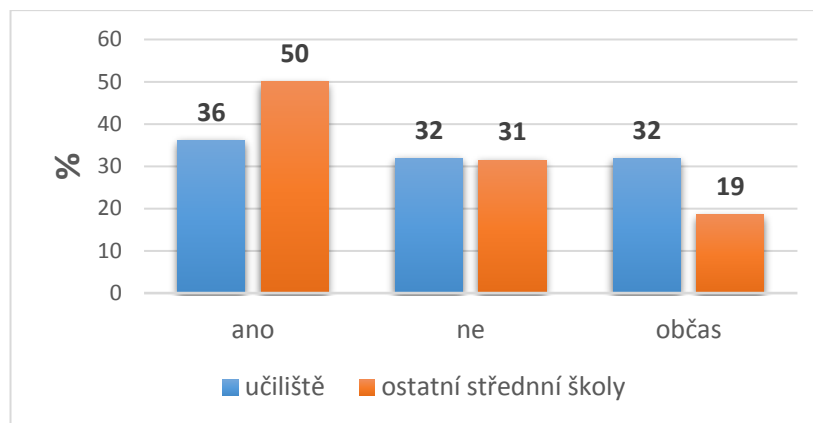
Z grafu číslo 12 je zjevné, že 64 % studentů z učilišť a 43 % studentů z ostatních středních škol souhlasí s tím, aby se nadále automaty na kávu umístovaly do prostor škol. Oproti tomu 19 % SU a 39 % SO si myslí, že automaty na kávu do škol nepatří. Zbylých 17 % SU a 19 % SO se o umístování těchto automatů do škol nestarají, a tudíž přítomnost automatů nijak nevyžadují, ale ani proti němu nijak neprotestují.

Tabulka č. 9 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 12

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	5,487963	df=2	p=,06431
M-V chí-kvadr.	5,601352	df=2	p=,06077
Fí	0,2331014		
Kontingenční koeficient	0,2270154		
Cramér. V	0,2331014		

- a) H_0 : Postoj studentů k umístování automatů na kávu ve školách nezávisí na druhu středních škol, které studenti studují
- b) H_1 : Postoj studentů k umístování automatů na kávu ve školách závisí na druhu středních škol, které studenti studují
- c) $\alpha = 0,05$
- d) $p > 0,05$ (Nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu).

V tabulce číslo 9 jsou zobrazeny hodnoty získané statistickou analýzou. Na základě těchto hodnot ($p > 0,05$) nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu, a tudíž nemůžeme potvrdit, že existuje statisticky významná závislost mezi postojem studentů k umístování automatů na kávu do škol a druhem středních škol, které studenti studují.



Graf č. 13: Čtení složení kofeinových produktů vyznačené na etiketách

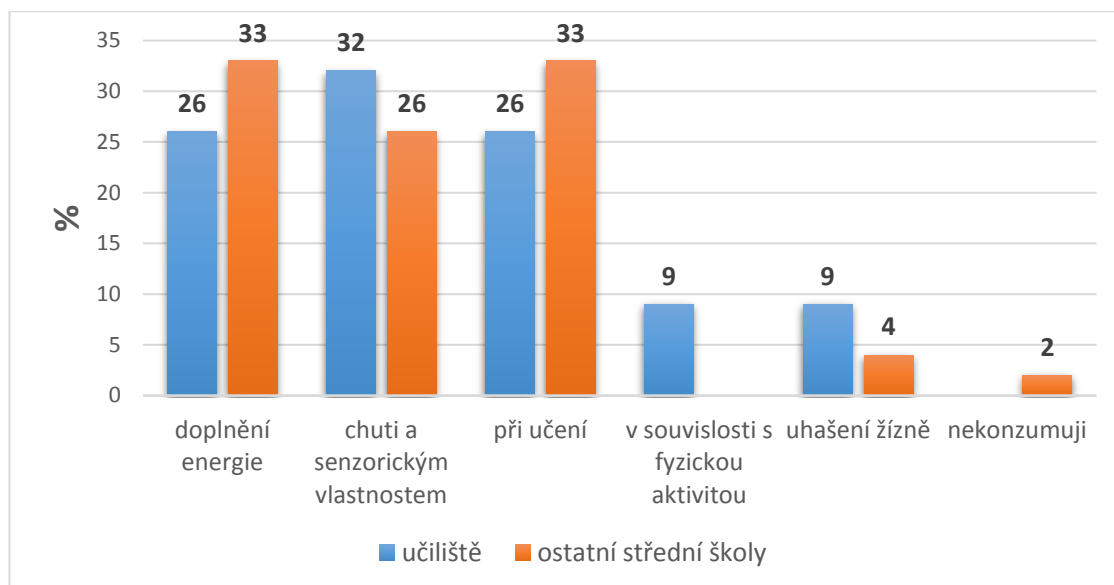
Z grafu číslo 13 je snadno rozeznatelné, že studenti z ostatních středních škol se zajímají více o složení kofeinových výrobků než studenti z učilišť. Přesně polovina z celkového počtu dotazovaných SO uvedla, že jim obsah kofeinových výrobků není lhostejný a čtou složení uvedené na etiketě. Etikety kofeinových výrobků čtou z 36 % i SU. Počet studentů, kteří se o složení kofeinových výrobků nezajímají se u obou skupin pohybuje kolem 30 %. U zbylých 32 % SU a 19 % SO čtení etiket kofeinových výrobků není pravidlem.

Tabulka č. 10 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 13

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	16,05818	df=2	p=,00033
M-V chí-kvadr.	16,69141	df=2	p=,00024
Fí	0,3987378		
Kontingenční koeficient	0,3703797		
Cramér. V	0,3987378		

- H_0 : Čtení složení kofeinových produktů studenty nezávisí na druhu středních škol, které studenti studují
- H_1 : Čtení složení kofeinových produktů studenty závisí na druhu středních škol, které studenti studují
- $\alpha = 0,05$
- $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- Existuje středně silná závislost (0,3704)

V tabulce číslo 10 jsou prezentovány výsledky statistického šetření. Z těchto výsledků vyplývá, že zamítáme nulovou hypotézu ($p < 0,05$) a potvrzujeme, že existuje statisticky významná závislost (0,3704).



Graf č. 14: Důvody konzumace kofeinových výrobků studenty

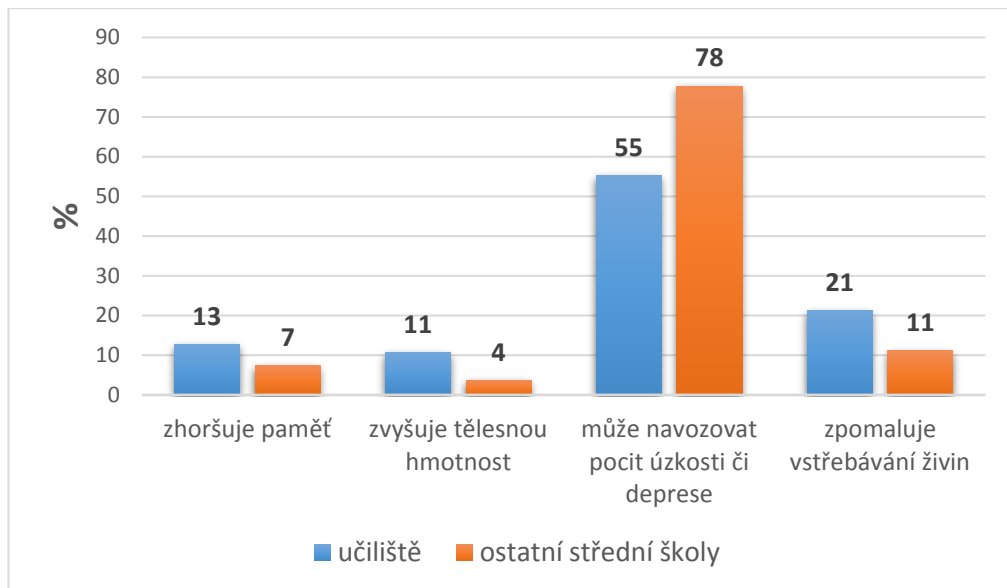
Graf číslo 14 jasně zobrazuje, že důvody konzumace kofeinových výrobků studentů z učilišť a studentů z ostatních středních škol se nijak zvlášť neliší. Nejčastěji obě skupiny studentů uváděly, že kofeinové výrobky konzumují kvůli doplnění energie (33 % SO, 26 % SU), jejich chuti a sensorickým vlastnostem (26 % SO, 32 % SU) a při učení (33 % SO, 26 % SU).

Tabulka č. 11 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 14

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	8,657587	df=5	p=,12353
M-V chí-kvadr.	10,96258	df=5	p=,05213
Fí	0,2927775		
Kontingenční koeficient	0,2809824		
Cramér. V	0,2927775		

- H_0 : Důvody konzumace kofeinových produktů studenty nezávisí na vzdělání studentů
- H_1 : Důvody konzumace kofeinových produktů studenty závisí na vzdělání studentů
- $\alpha = 0,05$
- $p > 0,05$ (Nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu).

Statistické vyhodnocení (viz tabulka č.14) potvrzuje, že nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu ($p > 0,05$). Z výsledků též vyplývá, že neexistuje statisticky významná závislost.



Graf č. 15: Povědomí studentů o negativních účincích kofeinu

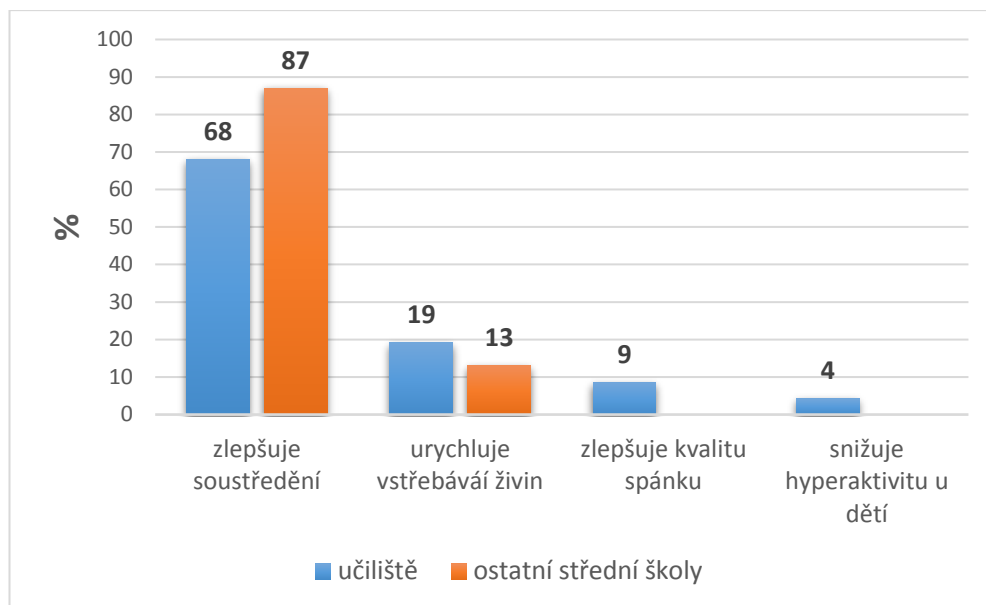
Graf číslo 15 znázorňuje relativní četnost odpovědí studentů, které souvisejí s povědomím o negativních účincích kofeinu. Z toho grafu lze určit, že správná varianta: „kofein může navozovat pocit úzkosti či deprese“ byla studenty volena nejčastěji. Konkrétně ji považovalo za správnou 78 % studentů z ostatních středních škol a 55 % studentů z učilišť. Dále z grafu můžeme určit druhou nejfrekventovanější odpověď: „kofein zpomaluje vstřebávání živin“. Tuto variantu zvolilo 11 % studentů z ostatních středních škol a 21 % studentů z učilišť. Z výsledků je tedy patrné, že SO mají vyšší povědomí o negativních účincích kofeinu než SU.

Tabulka č. 12 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 15

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	5,761779	df=1	p=,01638
M-V chí-kvadr.	5,800616	df=1	p=,01602
Fí pro tabulky 2 x 2	-0,238846		
Tetrachorická korelace	-0,37909		
Kontingenční koeficient	0,2323113		

- a) H_0 : Povědomí studentů o negativních účincích kofeinu nezávisí na vzdělání studentů
 H_1 : Povědomí studentů o negativních účincích kofeinu závisí na vzdělání studentů
- b) $\alpha = 0,05$
- c) $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- d) Existuje slabá závislost (0,2323)

V souvislosti se statistickým vyhodnocením (viz tabulka č. 12) zamítáme nulovou hypotézu ($p < 0,05$) a můžeme potvrdit, že existuje statisticky významná závislost (0,2323) mezi povědomím studentů o negativních účincích kofeinu a druhem střední školy, které studenti studují.



Graf č. 16: Povědomí studentů o pozitivních účincích kofeinu

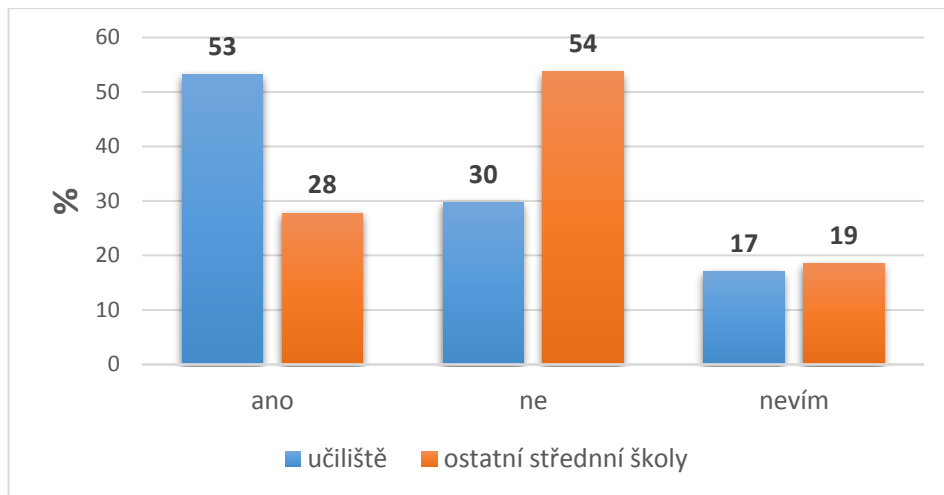
Graf číslo 16 zobrazuje relativní četnost odpovědí studentů, které souvisejí s povědomím o pozitivních účincích kofeinu. Celkově respondenti volili nejčastěji správnou variantu: „kofein zlepšuje soustředění“. Studenti z ostatních středních škol tuto variantu zvolili z 87 % a studenti z učilišť z 68 %. Nesprávnou odpověď, že kofein urychluje vstřebávání živin, zvolilo 19 % studentů z učilišť a 13 % studentů z ostatních středních škol. Z grafu č. 16 je zjevné, že tato otázka byla volena hned po správné odpovědi nejčastěji. Počet zbytku odpovědí nebyl nijak zvlášť významný. Na závěr lze tedy shrnout, že SO mají vyšší povědomí o pozitivních účincích kofeinu oproti SU.

Tabulka č. 16 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 16

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	5,29749	df=1	p=,02136
M-V chí-kvadr.	5,356785	df=1	p=,02064
Fí pro tabulky 2 x 2	-0,229021		
Tetrachorická korelace	-0,393355		
Kontingenční koeficient	0,2232408		

- a) H_0 : Povědomí studentů o pozitivních účincích kofeinu nezávisí na vzdělání studentů
 H_1 : Povědomí studentů o pozitivních účincích kofeinu závisí na vzdělání studentů
- b) $\alpha = 0,05$
- c) $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- d) Existuje slabá závislost (0,2232)

Mezní hodnoty ze statistického šetření jsou znázorněny v tabulce č. 16. Závěrem statistického šetření je, že zamítáme nulovou hypotézu ($p < 0,05$). Dále můžeme potvrdit, že existuje statisticky významná závislost (0,2232) mezi typem odpovědí a vzděláním studentů.



Graf č. 17: Výskyt negativních účinků u studentů

Z grafu číslo 17 můžeme vyčíst, že 53 % studentů z učilišť na sobě zaznamenalo negativní účinky kofeinu, což je v porovnání se studenty z ostatních středních škol o 25 % více. Naopak 30 % studentů z učilišť a 54 % studentů z ostatních středních odpovědělo, že negativní účinky kofeinu na sobě zatím nepozorovali. Zbýlých 17 % SU a 19 % SU si nejsou jisti, zda tyto účinky pociťovali v souvislosti s konzumací kofeinových výrobků, a proto se rozhodli zvolit variantu „nevím“. Na první pohled z grafu vyplývá, že SU mají častěji osobní zkušenost s negativní účinky kofeinu než SO.

Tabulka č. 17 Statistické vyhodnocení k grafu číslo 17

Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	6,298798	df=2	p=,04288
M-V chí-kvadr.	6,365834	df=2	p=,04146
Fí	0,2497285		
Kontingenční koeficient	0,2422877		
Cramér. V	0,2497285		

- H_0 : Výskyt negativních účinků u studentů není závislý na jejich vzdělání
 H_1 : Výskyt negativních účinků u studentů je závislý na jejich vzdělání
 $\alpha = 0,05$
- $p < 0,05$ (Zamítáme nulovou hypotézu).
- Existuje slabá závislost (0,2423)

Z hodnot uvedených v tabulce č. 17 je patrné, že zamítáme nulovou hypotézu $p (< 0,05)$ a potvrzujeme, že existuje statisticky významná závislost (0,2423).

6. DISKUZE

Konzumace kofeinových výrobků zejména dětmi a dospívajícími je v dnešní době často skloňovaným tématem. Cílem naší studie bylo proto objasnit množství a příčiny konzumace kofeinových výrobků u studentů středních škol. Dalším cílem našeho šetření bylo také zjistit, jaké znalosti o kofeinu a jeho pozitivních a negativních účincích na lidské zdraví mají studenti učilišť a do jaké míry se tyto znalosti liší u studentů z ostatních středních škol v České republice.

Na základě výsledků našeho dotazníkového šetření bylo zjištěno, že studenti z učilišť konzumují kofeinové výrobky častěji než studenti z ostatních středních škol. Vyšší konzumace kofeinových výrobků studenty z učilišť může být dána jejich nižším povědomím o negativních účincích kofeinu v porovnání se studenty ostatních středních škol. Studie, zabývající se příčinou konzumace kofeinových výrobků u mladistvých, přišla s obdobným závěrem, ke kterému jsme dospěli i v naší studii. Tedy, že spotřeba kofeinu u mladistvých je nepřímo spojována s jejich akademickým úspěchem (James et al. 2011). Tento fakt potvrzuje i další studie, jejíž výsledky ukazují, že studenti z veřejných středních škol konzumují kofeinové výrobky častěji oproti studentům ze škol soukromých (Lodato et al. 2013). Obdobný jev byl pozorován i v případě užívání nikotinu či alkoholu. Dokonce se potvrdilo, že kofein bývá častěji „bránou“ k látkám se škodlivým účinkem, jako je právě nikotin, alkohol či dokonce různé nelegální látky, jejichž konzumace je spíše spojována s jedinci s nižším akademickým vzděláním (James et al. 2011).

S denním příjmem kofeinových výrobků se v naší studii ztotožnilo celkem 55 % studentů, přesněji 36 % studentů z učilišť a pouhých 19 % studentů z ostatních středních škol. K rozdílnému závěru dospěli američtí autoři, kteří ve svých studiích tvrdí, že 75 % adolescentů v USA konzumuje více než jeden kofeinový výrobek denně (James et al. 2011). Rozdílnost našich výsledků může spočívat především v odlišnosti stravovacích návyků. Mnoho občanů USA je zvyklých se stravovat v levných, avšak ne moc zdravých fast foodech, kde je typické ke každému menu dostat přinejmenším 0,5 l Coca-coly. Tento druh stravování pak přejímají děti od svých rodičů, tudíž konzumace kofeinových nápojů nejen typu Coca-coly, je pro ně běžnou denní součástí. V USA průměrný denní příjem kofeinu u dospívajících ve věku 17-18 let je 111 mg a u mladých dospělých ve věku 19-22 let je 130 mg (Tran et al. 2016). Naše výsledky potvrdily, že v momentě, kdy studenti konzumují některé z kofeinových

výrobků, tak v průměru jejich příjem není vyšší než 2 porce za den (\approx 80-120 mg kofeinu). Výjimkou je pouhých 17 % SU, kteří odpověděli, že dokáží přijmout až 3 porce Coca-coly za den (\approx 72 mg kofeinu). Oproti tomu žádný student z ostatních středních škol neuvedl vyšší počet porcí kofeinových nápojů než dvě denně.

Dospěli jsme k závěru, že konzumace energetických nápojů je vyšší u SU než u SO. Z celkového počtu 54 studentů z ostatních středních škol uvedlo 54 %, že energetické nápoje nekonzumuje. Oproti tomu 38 % SU odpovědělo, že mohou přijmout až 2 porce energetických nápojů za den. Usoudili jsme tedy, že SO mohou mít větší povědomí o zdravé výživě než SU, a proto energetické nápoje konzumují v menší míře. K totožným výsledkům dospěli i autoři ostatních studií. Ti potvrdili, že neoblíbenost energetických nápojů je přímo úměrná s hlubšími znalostmi výživy (Hardy et al. 2017). Teno závěr je také možné vysvětlit tím, že v naší studii je soubor SO tvořen z 81 % dívkami. Mnoho výzkumů totiž prokázalo, že dívky konzumují energetické nápoje méně než chlapci (Temple 2018).

V naší studii jsme se též zaměřili na to, do jaké míry jsou schopni SU a SO identifikovat kofeinové výrobky. Z celkového počtu SO dokázalo správně určit všechny kofeinové výrobky (káva, zelený a černý čaj, energetické nápoje, Coca-cola, hořká čokoláda) 37 % SO. Naopak SU byli při identifikaci kofeinových nápojů úspěšní pouze z 15 %. Celková úspěšnost při identifikaci kofeinových výrobků v naší studii byla tedy 52 %. Vyšší chybovost při označování kofeinových výrobků studenty z učilišť může být vysvětlována jejich nízkým zájmem o zdravý životní styl. Zdravý životní styl je totiž úzce spojen se znalostí obsahu některých potravin a také čtením jejich etiket, které jsou uvedeny na obalech. Další příčinou vyšší chybovosti při označování Melty a Cara jako kofeinových výrobků může být to, že SU běžně s těmito potravinami nepřichází do styku, protože domácnosti, ve kterých žijí, volí raději kofeinové varianty. Obdobná studie, avšak s odlišnými výsledky, byla prováděna na studentech středních škol v Londýně a Ontariu. V této studii byla úspěšnost rozlišování výrobků s kofeinem od těch bezkofeinových téměř stoprocentní. Studenti bez vyšší chybovosti určili za zdroj kofeinu i horkou čokoládu či ostatní čokoládové produkty. Při identifikaci čaje a slazených sycených nápojů však studenti chybovali poměrně častěji (Turton et al. 2016). Pro srovnání, naši SU chybovali z 85 % a SO chybovali z 67 % právě během určování obsahu kofeinu v hořké čokoládě. S identifikací černého a zeleného čaje měli problém spíše SU. U zeleného čaje uvedlo obsah kofeinu 30 % a u černého čaje 45 % SU. Příčina odlišných

výsledků může být dána tím, že studenti z Londýna a Ontaria měli vyšší akademické vzdělání, a tudíž i větší povědomí o obsahu kofeinu v potravinách.

Zjistili jsme, že důvody konzumace kofeinových výrobků studenty z učilišť a studenty z ostatních středních škol se nijak zvlášť neliší ($p > 0,05$). Jako nejčastější příčiny konzumace kofeinových výrobků studenti uváděli doplnění energie (33 % SO, 26 % SU), chuť a sensorické vlastnosti (26 % SO, 32 % SU) nebo stimulační účinky při učení (33 % SO, 26 % SU). Temple (2018) dospěl též k závěru, že jedním z hlavních důvodů konzumace kofeinových výrobků je jejich chuť a sensorické vlastnosti. Výsledky jeho studie potvrdily, že zájem o kofeinové výrobky u dospívajících narůstá se zvyšujícím se obsahem cukru.

Z vyhodnocení našich výsledků vyplývá, že velmi nízké procento studentů konzumuje energetické nápoje před, po nebo během fyzické aktivity. Na rozdíl od studentů z učilišť žádný student ostatních středních škol nepije energetické nápoje v souvislosti se sportovním výkonem. Z celkového počtu 47 SU pouhých 9 % konzumuje energetické nápoje ve spojení s fyzickou aktivitou. K identickému úsudku dospěli i autoři studie, která se zabývala konzumací energetických nápojů u dospívajících atletů. Výsledky jejich výzkumu ukázaly, že 85,5 % atletů nepije energetické nápoje ve vztahu se sportovním výkonem. Jak již bylo výše zmíněno, chlapci konzumují energetické nápoje více než dívky. Shoda výsledků může tedy spočívat v tom, že oba výběrové soubory měly větší zastoupení dívek než chlapců. Nízká konzumace kofeinových výrobků při fyzickém výkonu může být dána i tím, že studenti v tomto případě doplňují energii jinak než příjmem kofeinu. Může se jednat například o doplnění cukrů či řádný odpočinek.

Kofein se řadí mezi látky, které ovlivňují centrální nervový systém, z čehož plyne, že kofein má široké spektrum účinků na lidský organismus. Z tohoto důvodu jsme se zabývali výskytem negativních účinků kofeinu u studentů středních škol. Náš výzkum potvrdil, že existuje statisticky významný rozdíl mezi výskytem negativních účinků u studentů z učilišť a u studentů z ostatních středních škol ($p < 0,05$). Potvrdilo se, že SU (53 %) mají častěji osobní zkušenosti s negativními účinky kofeinu, jako je bušení srdce, úzkost, deprese, třes, bolest hlavy či nevolnost než SO (28 %). SU se setkávají častěji s negativními účinky kofeinu možná proto, že jejich konzumace kofeinových výrobků není přiměřená, a tudíž přijímají vyšší dávku kofeinu naráz. Dalším možným vysvětlením je, že SU konzumují kofeinové výrobky spolu s alkoholem či při kouření cigaret. Negativní účinky kofeinu mohou být umocňovány právě konzumací kofeinových výrobků souběžně alkoholem či kouřením cigaret.

Podobnou problematikou se zabývali i ostatní autoři, kteří prostřednictvím dotazníkového šetření zjistili, že 35 % studentů vysokých škol pociťovalo po požití energetických nápojů třes, dále 33 % trpělo nevolností, u 25 % se zhoršila kvalita spánku. Pouze 7 % studentů nemělo s negativními účinky kofeinu žádnou osobní zkušenost (Hardy et al. 2017).

Dále se tato práce zaměřovala na povědomí studentů o účincích kofeinu na lidský organismus. Z výsledků je patrné, že 78 % SO odpovědělo správně na otázku týkající se negativních účinků kofeinu a 87 % SO odpovědělo správně na otázku týkající se pozitivních účinků. Naopak odpovědi studentů z učilišť byly správné z pouhých 55 % u otázek s negativními účinky a z 68 % u otázek s pozitivními účinky kofeinu.

Správnou definici kofeinu dokázalo určit 87 % SO, což bylo o 23 % více v porovnání se SU. Důvod tak patrného rozdílu odpovědí je možné vysvětlit tím, že učební osnovy ostatních středních škol se podstatně liší od učebních osnov učilišť. Studijní osnovy učilišť totiž často nezahrnují předměty jako je chemie či biologie, ve kterých by studentům byla charakteristika kofeinu přiblížena. Dále se učiliště zaměřují spíše na teorii, která se přímo týká jejich budoucí praxe, naopak u ostatních středních škol se výuka specializuje až v pozdějších ročnících, tudíž je zde větší časový prostor pro obecnější poznatky. Dále 61 % SO (34 % SU) potvrdilo, že se o kofeinu učilo ve škole. Tento výsledek byl však v rozporu s obdobnou studií, ve které studenti středních škol uváděli, že znalosti o kofeinu nabyli spíše prostřednictvím internetu než od jejich učitelů (Turton et al. 2016). Na základě shrnutí vybraných výsledků, jsme dospěli k názoru, že studenti z učilišť mají nižší povědomí o účincích kofeinu na lidský organismus než studenti z ostatních středních škol ($p < 0,05$).

7. ZÁVĚR

V teoretické části jsme se dozvěděli, že kofein může působit na lidský organismus jak negativně, tak i pozitivně. Jeho účinky jsou ovlivněny především velikostí přijímané dávky, pravidelností užívání, ale také ostatními faktory jako je věk či pohlaví. Pozitivní účinky kofeinu ve většině případů nastávají v momentě, kdy jeho užívání není pravidelné a jeho dávkování je úměrné věku a dalším faktorům.

Z výsledků praktické části vyplývá, že 79 % studentů z učilišť konzumuje kofeinové výrobky 3-7x týdně, což je v porovnání se studenty z ostatních středních škol o 25 % více. V souvislosti se statistickým šetřením byla hypotéza číslo 1 potvrzena ($p < 0,05$) a zjištěna slabá statisticky významná závislost ($< 0,3$) v odpovědích studentů z učilišť a studentů z ostatních středních škol na četnosti konzumace kofeinových výrobků.

Dále se tato práce zaměřovala na povědomí studentů o účincích kofeinu na lidský organismus. Při porovnání výsledků studenti z ostatních středních škol u otázek týkajících se pozitivních účinků kofeinu chybovali z 19 % častěji než studenti z ostatních středních škol. Na otázky ohledně negativních účinků kofeinu odpovědělo správně o 23 % studentů z ostatních středních škol více než studentů z učilišť. Mimo jiné 61 % studentů z ostatních středních škol nabylo znalosti o kofeinu ve škole, což je v porovnání se studenty z učilišť o 27 % studentů více. Na základě těchto hodnot byla hypotéza číslo 2 potvrzena ($p < 0,05$) a stanovena slabá statisticky významná závislost ($< 0,3$) mezi povědomím studentů o kofeinu a druhu jejich střední školy.

Poslední předem stanovená hypotéza s číslem 3 souvisí s příčinami konzumace kofeinových výrobků u studentů středních škol. Studenti z učilišť i studenti z ostatních středních škol uváděli v celku totožné důvody konzumace kofeinových výrobků, mezi které patřily: doplnění energie (33 % SO, 26 % SU), chuť a sensorické vlastnosti (26 % SO, 32 % SU) či využití jeho stimulačních účinků při učení (33 % SO, 26 % SU). Na základě statistického vyhodnocení není možné hypotézu číslo 3 potvrdit ($p > 0,05$). Znamená to tedy, že závislost mezi příčinami konzumace kofeinových výrobků studenty a typu střední školy, které studují, není statisticky významná.

8. LITERATURA

- Anderson DE. 2017. Beneficial Roles of Caffeine in Sports Nutrition and Beverage Formulations. Strana Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-805413-0.00020-X>.
- Aniței M, Schuhfried G, Chraif M. 2011. The influence of energy drinks and caffeine on time reaction and cognitive processes in young Romanian students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 30:662–670.
- Arévalo-Gardini E, Arévalo-Hernández CO, Baligar VC, He ZL. 2017. Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of the Total Environment* 605–606:792–800. Elsevier B.V. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>.
- Ascherio A, Schwarzschild MA. 2016. The epidemiology of Parkinson's disease: risk factors and prevention. *The Lancet Neurology* 15:1257–1272. Elsevier Ltd. Dostupné z [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)30230-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(16)30230-7).
- Ashihara H, Crozier A. 2001. Caffeine: A well known but little mentioned compound in plant science. *Trends in Plant Science* 6:407–413.
- Azagba S, Langille D, Asbridge M. 2014. An emerging adolescent health risk: Caffeinated energy drink consumption patterns among high school students. *Preventive Medicine* 62:54–59. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.01.019>.
- Backhouse SH, Biddle SJH, Bishop NC, Williams C. 2011. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite* 57:247–252. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2011.05.304>.

- Beaudoin M-S, Robinson LE, Graham TE. 2011. An Oral Lipid Challenge and Acute Intake of Caffeinated Coffee Additively Decrease Glucose Tolerance in Healthy Men. *Journal of Nutrition* 141:574–581. Dostupné z <http://jn.nutrition.org/cgi/doi/10.3945/jn.110.132761>.
- Berriche O, Chiraz A, Othman R Ben, Souheila H, Lahmer I, Wafa C, Sebai I, Sfar H, Mahjoub F, Jamoussi H. 2017. Nutritional risk factors for postmenopausal osteoporosis. *Alexandria Journal of Medicine* 53:187–192. Alexandria University Faculty of Medicine. Dostupné z <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S209050681630015X>.
- Bessada SMF, Alves RC, Oliveira MBPP. 2018. Caffeine-based food supplements and beverages: Trends of consumption for performance purposes and safety concerns. *Food Research International* 109:310–319. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.050>.
- Boudjeko T, Rihouey C, Ndoumou DO, El Hadrami I, Lerouge P, Driouich A. 2009. Characterisation of cell wall polysaccharides, arabinogalactans-proteins (AGPs) and phenolics of *Cola nitida*, *Cola acuminata* and *Garcinia kola* seeds. *Carbohydrate Polymers* 78:820–827. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.07.012>.
- Bradley CS, Erickson BA, Messersmith EE, Pelletier-Cameron A, Lai HH, Kreder KJ, Yang CC, Merion RM, Bavendam TG, Kirkali Z. 2017. Evidence of the Impact of Diet, Fluid Intake, Caffeine, Alcohol and Tobacco on Lower Urinary Tract Symptoms: A Systematic Review. *Journal of Urology* 198:1010–1020. Elsevier Ltd. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.juro.2017.04.097>.
- Burdan F. 2014. Caffeine in Coffee. *Coffee in Health and Disease Prevention*:201–207.
- Burdock GA, Carabin IG, Crincoli CM. 2009. Safety assessment of kola nut extract as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology* 47:1725–1732. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.019>.

- Buscemi S, Marventano S, Antoci M, Cagnetti A, Castorina G, Galvano F, Marranzano M, Mistretta A. 2016. Coffee and metabolic impairment: An updated review of epidemiological studies. *NFS Journal* 3:1–7. German Nutrition Society. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.nfs.2016.02.001>.
- Caballero, B., Lindsey A., Prentice A., 2005. *Encyclopedia of human nutrition*. 2nd ed. Elsevier Academic Press. Amsterdam. 462. ISBN 0-12-150110-8.
- Calamaro CJ, Mason TBA, Ratcliffe SJ. 2009. Adolescents Living the 24/7 Lifestyle: Effects of Caffeine and Technology on Sleep Duration and Daytime Functioning. *Pediatrics* 123:e1005–e1010. Dostupné z <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2008-3641>.
- Camotti Bastos M, Cherobim VF, Reissmann CB, Fernandes Kaseker J, Gaiad S. 2018. Yerba mate: Nutrient levels and quality of the beverage depending on the harvest season. *Journal of Food Composition and Analysis* 69:1–6. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.01.019>.
- Ciaramelli C, Palmioli A, Airoidi C. 2019. Coffee variety, origin and extraction procedure: Implications for coffee beneficial effects on human health. *Food Chemistry* 278:47–55. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.063>.
- Davis NJ, Vaughan CP, Johnson TM, Goode PS, Burgio KL, Redden DT, Markland AD. 2013. Caffeine intake and its association with urinary incontinence in United States men: Results from national health and nutrition examination surveys 2005-2006 and 2007-2008. *Journal of Urology* 189:2170–2174. American Urological Association Education and Research, Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2012.12.061>.
- de Melo Pereira G V., de Carvalho Neto DP, Magalhães Júnior AI, Vásquez ZS, Medeiros ABP, Vandenberghe LPS, Soccol CR. 2019. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry* 272:441–452. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>.

Dewick, Paul M. 2008. Medicinal natural products: a biosynthetic approach. 3rd ed. Hoboken: Wiley. ISBN 978-0-470-74168-9.

Dews PB, O'Brien CP, Bergman J. 2002. Caffeine: Behavioral effects of withdrawal and related issues. *Food and Chemical Toxicology* 40:1257–1261.

Erukainure OL, Oyebode OA, Sokhela MK, Koorbanally NA, Islam MS. 2017. Caffeine – rich infusion from *Cola nitida* (kola nut) inhibits major carbohydrate catabolic enzymes; abates redox imbalance; and modulates oxidative dysregulated metabolic pathways and metabolites in Fe²⁺-induced hepatic toxicity. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 96:1065–1074. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.11.120>.

Espinosa J, Rocha A, Nunes F, Costa MS, Schein V, Kazlauckas V, Kalinine E, Souza DO, Cunha RA, Porciúncula LO. 2013. Caffeine consumption prevents memory impairment, neuronal damage, and adenosine A_{2A} receptors upregulation in the hippocampus of a rat model of sporadic dementia. *Journal of Alzheimer's Disease* 34:509–518.

Functions B, Withdrawal C, Discrimination C, Reinforcing P, Addictive K, Effects PH. 2014. Reinforcing Effects of Caffeine - Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Contribute to Its Widespread Use 51:1993–1996.

Gardea AA, García-Bañuelos ML, Orozco-Avitia JA, Sánchez-Chávez E, Sastré-Flores B, Ávila-Quezada G. 2017. Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health: Second Edition* 2:921–939.

Golding J. 1995. Reproduction and caffeine consumption - a literature review. *Early Human Development* 43:1–14.

Gómez-Juaristi M, Martínez-López S, Sarria B, Bravo L, Mateos R. 2018. Absorption and metabolism of yerba mate phenolic compounds in humans. *Food Chemistry* 240:1028–1038. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.003>.

- González-Calderón D, González-González CA, Fuentes-Benites A, González-Romero C. 2015. Síntesis de la cafeína a partir de la teobromina: Retomando un experimento remoto bajo una nueva perspectiva. *Educacion Quimica* 26:9–12. Elsevier. Dostupné z [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(15\)72092-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(15)72092-6).
- Gracia-Lor E et al. 2017. Estimation of caffeine intake from analysis of caffeine metabolites in wastewater. *Science of the Total Environment* 609:1582–1588. Elsevier B.V. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.258>.
- Guimarães-Ferreira L, Trexler ET, Jaffe DA, Cholewa JM. 2017. Role of Caffeine in Sports Nutrition. *Strana Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity*. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-805413-0.00019-3>.
- Gurley BJ, Steelman SC, Thomas SL. 2015. Multi-ingredient, caffeine-containing dietary supplements: History, safety, and efficacy. *Clinical Therapeutics* 37:275–301.
- Haleem DJ, Yasmeeen A, Haleem MA, Zafar A. 1995. 24h withdrawal following repeated administration of caffeine attenuates brain serotonin but not tryptophan in rat brain: Implications for caffeine-induced depression. *Life Sciences* 57:0–7.
- Hall S, Desbrow B, Anoopkumar-Dukie S, Davey AK, Arora D, McDermott C, Schubert MM, Perkins A V., Kiefel MJ, Grant GD. 2015. A review of the bioactivity of coffee, caffeine and key coffee constituents on inflammatory responses linked to depression. *Food Research International* 76:626–636. Elsevier Ltd.
- Hardy R, Kliemann N, Evansen T, Brand J. 2017. Relationship Between Energy Drink Consumption and Nutrition Knowledge in Student-Athletes. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 49:19–26.e1. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneb.2016.08.008>.

- Harland BF. 2000. Caffeine and nutrition. *Nutrition* 16:522–526.
- Heaney RP. 2002. Effects of caffeine on bone and the calcium economy. *Food and Chemical Toxicology* 40:1263–1270.
- Heatherley S V., Hancock KMF, Rogers PJ. 2006. Psychostimulant and other effects of caffeine in 9- to 11-year-old children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines* 47:135–142.
- Hughes R, Oliveto AH, Ph D, Helzer JE, Higgins T, Ph D, Bickel K, Ph D. 1992. Should caffeine abuse, dependence, or withdrawal be added to DSM-IV and ICD-10? *American Journal of Psychiatry* 149:33–40. Dostupné z <http://psychiatryonline.org/doi/abs/10.1176/ajp.149.1.33>.
- James JE, Kristjánsson ÁL, Sigfúsdóttir ID. 2011. Adolescent substance use, sleep, and academic achievement: Evidence of harm due to caffeine. *Journal of Adolescence* 34:665–673. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.adolescence.2010.09.006>.
- Jeon JS, Kim HT, Jeong IH, Hong SR, Oh MS, Yoon MH, Shim JH, Jeong JH, Abd El-Aty AM. 2019. Contents of chlorogenic acids and caffeine in various coffee-related products. *Journal of Advanced Research*:1–10. Cairo University. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.01.002>.
- Jin JQ, Yao MZ, Ma CL, Ma JQ, Chen L. 2016. Association mapping of caffeine content with TCS1 in tea plant and its related specie. *Plant Physiology and Biochemistry* 105:251–259. Elsevier Masson SAS. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.04.032>.
- Juliano LM, Huntley ED, Harrell PT, Westerman AT. 2012. Development of the Caffeine Withdrawal Symptom Questionnaire: Caffeine withdrawal symptoms cluster into 7 factors. *Drug and Alcohol Dependence* 124:229–234. Elsevier Ireland Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2012.01.009>.

- Jura YH, Townsend MK, Curhan GC, Resnick NM, Grodstein F. 2011. Caffeine intake, and the risk of stress, urgency and mixed urinary incontinence. *Journal of Urology* 185:1775–1780. American Urological Association Education and Research, Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2011.01.003>.
- Kopec BJ, Dawson BT, Buck C, Wallman KE. 2016. Effects of sodium phosphate and caffeine ingestion on repeated-sprint ability in male athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport* 19:272–276. Sports Medicine Australia. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.001>.
- Leal WE, Jackson DB. 2018. Energy drinks and escalation in drug use severity: An emergent hazard to adolescent health. *Preventive Medicine* 111:391–396. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.11.033>.
- Lean MEJ, Crozier A. 2012. Maturitas Coffee , caffeine and health : What ' s in your cup ? *Maturitas* 72:171–172. Elsevier Ireland Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2012.04.005>.
- Leite MR, Marcondes Sari MH, de Freitas ML, Oliveira LP, Dalmolin L, Brandão R, Zeni G. 2014. Caffeine and diphenyl diselenide improve long-term memory impaired in middle-aged rats. *Experimental Gerontology* 53:67–73. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2014.03.008>.
- Lodato F, Araújo J, Barros H, Lopes C, Agodi A, Barchitta M, Ramos E. 2013. Caffeine intake reduces sleep duration in adolescents. *Nutrition Research* 33:726–732. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2013.06.005>.
- Machado KN, Freitas AA de, Cunha LH, Faraco AAG, Pádua RM de, Braga FC, Vianna-Soares CD, Castilho RO. 2018. A rapid simultaneous determination of methylxanthines and proanthocyanidins in Brazilian guaraná (*Paullinia cupana* Kunth.). *Food Chemistry* 239:180–188. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.089>.

- Mahoney CR, Giles GE, Marriott BP, Judelson DA, Glickman EL, Geiselman PJ, Lieberman HR. 2018. Intake of caffeine from all sources and reasons for use by college students. *Clinical Nutrition*:1–8. Elsevier Ltd. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.04.004>.
- McLellan TM, Caldwell JA, Lieberman HR. 2016. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 71:294–312. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.09.001>.
- Merdad RA, Merdad LA, Nassif RA, El-Derwi D, Wali SO. 2014. Sleep habits in adolescents of Saudi Arabia; distinct patterns and extreme sleep schedules. *Sleep Medicine* 15:1370–1378. Elsevier B.V. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.sleep.2014.06.008>.
- Metro D, Cernaro V, Santoro D, Papa M, Buemi M, Benvenga S, Manasseri L. 2017. Beneficial effects of oral pure caffeine on oxidative stress. *Journal of Clinical & Translational Endocrinology* 10:22–27. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jcte.2017.10.001>.
- Micheli F, Guiltinan M, Gramacho KP, Wilkinson MJ, Figueira AV de O, Cascardo JC de M, Maximova S, Lanaud C. 2010. Functional genomics of cacao. *Advances in Botanical Research* 55:119–177.
- Mirmiran P, Carlström M, Bahadoran Z, Azizi F. 2018. Long-term effects of coffee and caffeine intake on the risk of pre-diabetes and type 2 diabetes: Findings from a population with low coffee consumption. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 28:1261–1266. Elsevier B.V. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.09.001>.
- Mitchell SH, de Wit H, Zacny JP. 1995. Caffeine withdrawal symptoms and self-administration following caffeine deprivation. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 51:941–945.

- Moccia M, Erro R, Picillo M, Vitale C, Longo K, Amboni M, Pellecchia MT, Barone P. 2016. Caffeine consumption and the 4-year progression of de novo Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders* 32:116–119. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.08.005>.
- Moncek F, Jakubek M, Makatsori A, Jezova D, Duncko R. 2004. High trait anxiety in healthy subjects is associated with low neuroendocrine activity during psychosocial stress. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* 28:1331–1336.
- Nehlig A. 1999. Are we dependent upon coffee and caffeine? A review on human and animal data. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 23:563–576.
- Nehlig A, Daval JL, Debry G. 1992. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews* 17:139–170.
- Nieber K. 2017. The Impact of Coffee on Health. *Planta Medica* 83:1256–1263. Elsevier Ireland Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.02.002>.
- Niemenak N, Onomo PE, Fotso, Lieberei R, Ndoumou DO. 2008. Purine alkaloids and phenolic compounds in three Cola species and *Garcinia kola* grown in Cameroon. *South African Journal of Botany* 74:629–638.
- O'Neill CE, Newsom RJ, Stafford J, Scott T, Archuleta S, Levis SC, Spencer RL, Campeau S, Bachtell RK. 2016. Adolescent caffeine consumption increases adulthood anxiety-related behavior and modifies neuroendocrine signaling. *Psychoneuroendocrinology* 67:40–50. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.01.030>.

- Orbán C, Bajnok A, Sava F, Toldi G. 2018. Immunobiology Effects of caffeine and phosphodiesterase inhibitors on activation of neonatal T lymphocytes 223:627–633.
- Palatini P, Benetti E, Mos L, Garavelli G, Mazzer A, Cozzio S, Fania C, Casiglia E. 2015. Association of coffee consumption and CYP1A2 polymorphism with risk of impaired fasting glucose in hypertensive patients. *European Journal of Epidemiology* 30:209–217.
- Peacock A, Martin FH, Carr A. 2013. Energy drink ingredients. Contribution of caffeine and taurine to performance outcomes. *Appetite* 64:1–4. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2012.12.021>.
- Penolazzi B, Natale V, Leone L, Russo PM. 2012. Individual differences affecting caffeine intake. Analysis of consumption behaviours for different times of day and caffeine sources. *Appetite* 58:971–977. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2012.02.001>.
- Petrucci R, Zollo G, Curulli A, Marrosu G. 2018a. BBA - General Subjects A new insight into the oxidative mechanism of caffeine and related methylxanthines in aprotic medium : May caffeine be really considered as an antioxidant ? 1862:1781–1789.
- Petrucci R, Zollo G, Curulli A, Marrosu G. 2018b. A new insight into the oxidative mechanism of caffeine and related methylxanthines in aprotic medium: May caffeine be really considered as an antioxidant? *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects* 1862:1781–1789.
- Pimentel GD, Micheletti TO, Nehlig A. 2014. Coffee Intake and Obesity. *Strana Nutrition in the Prevention and Treatment of Abdominal Obesity*. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-407869-7.00024-6>.

Pláteník, J. 2009. Volné radikály, antioxidanty a stárnutí. *Interní Medicína pro Praxi*. 11 (1). 30-33. Preston, J. 2015. Caffeine Consumption Questionnaire. . 34 (1). 2014. Získáno z <http://psydfx.com/caffeine-questionnaire-2/>

Preston J. 2015. Caffeine Consumption Questionnaire 34:2014. Dostupné z <http://psydfx.com/caffeine-questionnaire-2/>.

Riachi LG, De Maria CAB. 2017. Yerba mate: An overview of physiological effects in humans. *Journal of Functional Foods* 38:308–320. Elsevier Ltd. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.020>.

Robinson D, Giarenis I, Cardozo L. 2014. You are what you eat: The impact of diet on overactive bladder and lower urinary tract symptoms. *Maturitas* 79:8–13. Elsevier Ireland Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.06.009>.

Rocha DS, Casagrande L, Model JFA, dos Santos JT, Hoefel AL, Kucharski LC. 2018. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract on the metabolism of diabetic rats. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 105:370–376. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.132>.

Ruxton CHS. 2014. The suitability of caffeinated drinks for children: A systematic review of randomised controlled trials, observational studies and expert panel guidelines. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 27:342–357.

Sallaberry C et al. 2013. Chronic caffeine prevents changes in inhibitory avoidance memory and hippocampal BDNF immunocontent in middle-aged rats. *Neuropharmacology* 64:153–159. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropharm.2012.07.010>.

Samsel M, Dzierzbicka K, Trzonkowski P. 2014. Synthesis and antiproliferative activity of conjugates of adenosine with muramyl dipeptide and nor-muramyl dipeptide derivatives. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 24:3587–3591. Elsevier Ltd. Dostupné z

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.05.043>.

Sanlier N, Gokcen BB, Altuğ M. 2018. Tea consumption and disease correlations. *Trends in Food Science and Technology* 78:95–106.

Santana ÁL, Macedo GA. 2018. Health and technological aspects of methylxanthines and polyphenols from guarana: A review. *Journal of Functional Foods* 47:457–468. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.048>.

Santos HO, Macedo RCO. 2018. Cocoa-induced (*Theobroma cacao*) effects on cardiovascular system: HDL modulation pathways. *Clinical Nutrition ESPEN* 27:10–15. European Society for Clinical Nutrition and Metabolism. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.06.001>.

Schimpl FC, Da Silva JF, Gonçalves JFDC, Mazzafera P. 2013. Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology* 150:14–31. Elsevier. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.023>.

Schubert MM, Irwin C, Seay RF, Clarke HE, Allegro D, Desbrow B. 2017. Caffeine, coffee, and appetite control: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 68:901–912. Informa UK Ltd. Dostupné z <https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1320537>.

Sim SC, Ingelman-Sundberg M. 2010. The Human Cytochrome P450 (CYP) Allele Nomenclature website: a peer-reviewed database of CYP variants and their associated effects. *Human genomics* 4:278–281.

Simulescu V, Iliu G, Macarie L, Merghes P. 2018. Sport and energy drinks consumption before, during and after training. *Science and Sports* 34:3–9. Elsevier Masson SAS. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.10.002>.

Smillie LD, Gökçen E. 2010. Caffeine enhances working memory for extraverts. *Biological Psychology* 85:496–498.

- Souissi Y, Souissi M, Chtourou H. 2019. Effects of caffeine ingestion on the diurnal variation of cognitive and repeated high-intensity performances. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 177:69–74. Elsevier. Dostupné z <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0091305718303587>.
- Tavares C, Sakata RK. 2012. Caffeine in the Treatment of Pain. *Revista Brasileira de Anestesiologia* 62:387–401. Elsevier. Dostupné z [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-7094\(12\)70139-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-7094(12)70139-3).
- Temple JL. 2009. Caffeine use in children: What we know, what we have left to learn, and why we should worry. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 33:793–806.
- Temple JL. 2018. Trends, Safety, and Recommendations For Caffeine Use in Children and Adolescents. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 58:36–45. Elsevier Inc. Dostupné z <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890856718318847>.
- Temple JL, Bulkley AM, Briatico L, Dewey AM. 2009. Sex differences in reinforcing value of caffeinated beverages in adolescents. *Behavioural Pharmacology* 20:731–741.
- Tran NL, Barraj LM, Bi X, Jack MM. 2016. Trends and patterns of caffeine consumption among US teenagers and young adults, NHANES 2003-2012. *Food and Chemical Toxicology* 94:227–242.
- Turton P, Piché L, Battram DS. 2016. Adolescent Attitudes and Beliefs Regarding Caffeine and the Consumption of Caffeinated Beverages. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 48:181–189.e1.
- Voskoboinik A, Koh Y, Kistler PM. 2018. Cardiovascular effects of caffeinated beverages. *Trends in Cardiovascular Medicine* 0:1–6. Elsevier Inc. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2018.09.019>.

- Warzak WJ, Evans S, Floress MT, Gross AC, Stoolman S. 2011. Caffeine consumption in young children. *Journal of Pediatrics* 158:508–509. Mosby, Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.11.022>.
- Wiggers D, Reid JL, White CM, Hammond D. 2017. Use and Perceptions of Caffeinated Energy Drinks and Energy Shots in Canada. *American Journal of Preventive Medicine* 53:866–871. Elsevier Inc. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2017.05.021>.
- Wikoff D et al. 2017. Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. *Food and Chemical Toxicology* 109:585–648. Elsevier Ltd. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.04.002>.
- Willson C. 2018. The clinical toxicology of caffeine: A review and case study. *Toxicology Reports* 5:1140–1152. Elsevier. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.11.002>.
- Xia EH et al. 2017. The Tea Tree Genome Provides Insights into Tea Flavor and Independent Evolution of Caffeine Biosynthesis. *Molecular Plant* 10:866–877. Elsevier Ltd. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2017.04.002>.
- Xu K, Di Luca DG, Orrú M, Xu Y, Chen JF, Schwarzschild MA. 2016. Neuroprotection by caffeine in the MPTP model of parkinson's disease and its dependence on adenosine A2Areceptors. *Neuroscience* 322:129–137.
- Xu TJ, Reichelt AC. 2018. Sucrose or sucrose and caffeine differentially impact memory and anxiety-like behaviours, and alter hippocampal parvalbumin and doublecortin. *Neuropharmacology* 137:24–32. Elsevier Ltd. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2018.04.012>.

- Yin YQ, Zhang C, Wang JX, Hou J, Yang X, Qin J. 2015. Chronic caffeine treatment enhances the resilience to social defeat stress in mice. *Food and Function* 6:479–491. Royal Society of Chemistry.
- Zajac MA, Zakrzewski AG, Kowal MG, Narayan S. 2003. A novel method of caffeine synthesis from uracil. *Synthetic Communications* 33:3291–3297.
- Zhang Y, Coca A, Casa DJ, Antonio J, Green JM, Bishop PA. 2015. Caffeine and diuresis during rest and exercise: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 18:569–574. *Sports Medicine Australia*. Dostupné z <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.017>.
- Zhou Y, Zhu ZL, Guan XX, Hou WW, Yu HY. 2009. Reciprocal roles between caffeine and estrogen on bone via differently regulating cAMP/PKA pathway: The possible mechanism for caffeine-induced osteoporosis in women and estrogen's antagonistic effects. *Medical Hypotheses* 73:83–85. Elsevier Ltd.
- Žmudzka E, Sałaciak K, Sapa J, Pytka K. 2018. Serotonin receptors in depression and anxiety: Insights from animal studies. *Life Sciences* 210:106–124.

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CH ₃ I	Methyljodid
NaOH	Hydroxid sodný
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý
KI	Jodid draselný
EU	Evropská unie
Food and Drug Administration	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
pH	power of hydrogen
1A2	
CYP1A2	Cytochrom P450
A2A	receptor adenosinu
D2	receptor dopaminu
cAMP	cyklický 3,5-adenosinmonofosfát
cGMP	cyklický guanosin-3,5-monofosfát
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey (Národní ústav pro zdraví a výživu)
HPA	hypotalamo-pituitárně-adrenální osa
EFSA	European Food Safety Authority (Evropský úřad pro bezpečnost potravin)
Hg	rtuť
Mm	milimetr
USA	United States of America (Spojené státy americké)
PD	parkinson's disease (Parkinsonova choroba)
GLP	glukagon like peptid (inkretiny)
GHS	glutation
GSSG	oxidovaný glutation
BDNF	Brain-derived neurotrophic factor (neurotropní faktor mozku)
Č.	číslo
SO	studenti z ostatních středních škol
SU	studenti z učilišť