

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Je med opravdu zdravější než cukr?

Bakalářská práce

Autor práce: Marie Neprašová

Obor studia: Výživa a potraviny (ATZD)

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Hroncová, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Je med opravdu zdravější než cukr?" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 4. 2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Hroncové, Ph.D. za odborné vedení, za cenné rady a podnětné připomínky k vypracování bakalářské práce.

Je med opravdu zdravější než cukr?

Souhrn

Konzumace cukru je v posledních letech hojně diskutované téma, protože je často spojován s výskytem různých nemocí. Jako vhodná alternativa se jeví med, avšak je opravdu zdravší než cukr? Cílem bakalářské práce bylo srovnat působení medu a cukru na lidský organismus a jejich vliv na zdraví. Dílčím cílem bylo přiblížit vznik a rozvoj onemocnění, jejichž výskyt je spojen právě s konzumací cukru a medu.

Med je významným živočišným produktem, který má v mnoha kulturách dlouholetou tradici. V průběhu historie se využíval jako sladidlo a lék, v posledních letech se mu dostává pozornosti i v kosmetice. V léčitelství se využívá již po několika tisíciletí díky jeho hojivým a protizánětlivým schopnostem. V dnešní době převzal hlavní roli v oblasti sladidel řepný a třtinový cukr společně s vysokofruktózovým sirupem. S ohledem na výživová doporučení světových organizací by energetický příjem z volných sacharidů neměl překročit 10 % z celkově přijaté energie. Zvýšená konzumace cukru bývá spojována s výskytem několika civilizačních chorob jako je diabetes mellitus 2. typu, obezita, metabolický syndrom či kardiovaskulární onemocnění. Velkým problémem je zvýšená konzumace cukru od dětských let, kdy může způsobovat zubní kazy a vést k nadváze již v nízkém věku.

Pomocí studií bylo zjištěno, že med má příznivější účinky na organismus než cukr. Jeho pozitivní účinky se projevily u zevního použití i při jeho střídmé dlouhodobější konzumaci.

Klíčová slova: med, cukr, sladidlo, výživa, energetický příjem

Is honey really healthier than sugar?

Summary

Sugar consumption has been widely discussed topic on recent years because it is often associated with occurrence of various diseases. Honey seems to be a good alternative, but is it really healthier than sugar? The aim of the bachelor thesis was to compare the effect of honey and sugar on human organism and their impact on health. Another pursuit was to introduce beginning and development of diseases, the occurrence of which is associated with the consumption of sugar and honey.

Honey is an important animal product, which has a long tradition in many cultures. Throughout history it has been used as a sweetener and medicine, and in recent years it has also been receiving attention in cosmetics. It has been used as a medicine for several millennia thanks to its healing and anti-inflammatory capabilities. Nowadays, beet and cane sugar together with high-fructose syrup have taken over the main role in sweeteners. Considering the nutritional recommendations of world organizations, the energy intake from free sugars should not exceed 10 % of the total energy intake. Increased sugar consumption is associated with the presence of several chronic diseases such as type 2 diabetes mellitus, obesity, metabolic syndrome or cardiovascular diseases. A major problem is the increased consumption of sugar since childhood, when it can cause dental caries and lead to overweight at an early age.

Studies have shown that honey has more beneficial effects on the organism than sugar. Its positive effects have been shown in external use and temperate long-term consumption.

Keywords: honey, sugar, sweetener, nutrition, energy intake

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Med.....	9
3.1.1 Historie	10
3.1.2 Druhy medu	10
3.1.3 Fyzikální a chemické požadavky.....	11
3.1.4 Chemické složení.....	14
3.1.4.1 Sacharidy.....	14
3.1.4.2 Dusíkaté látky.....	17
3.1.4.3 Organické kyseliny.....	17
3.1.4.4 Vitaminy.....	18
3.1.4.5 Fenolické sloučeniny.....	21
3.1.4.6 Minerální látky	22
3.1.4.7 Cizorodé částice	23
3.2 Cukr.....	24
3.2.1 Výroba a produkce cukru	25
3.2.2 Fyzikální a chemické požadavky.....	26
3.2.3 Konzumace a význam v potravinářství	27
3.3 Komparace medu a cukru	29
3.3.1 Metabolický syndrom	30
3.3.2 Diabetes mellitus 2. typu	31
3.3.3 Kardiovaskulární onemocnění.....	32
3.3.4 Hyperurikémie	33
3.3.5 Leptinová rezistence	33
3.3.6 Zubní kazy	34
3.3.7 Kojenecký botulismus	34
4 Závěr	36
5 Seznam použité literatury	37
6 Seznam obrázků a tabulek	55
7 Seznam použitých zkratk	56

1 Úvod

Med patří mezi nejstarší sladidla využívaná po celém světě a patřil také k nejvyužívanějším až do roku 1800, kdy jej nahradil rafinovaný bílý cukr. Téma medu je v České republice stále aktuální. Včelařství má zde dlouholetou tradici, která se téměř dědí z generace na generaci. Ze všech včelích produktů má med největší využití a je nejvíce populární nejen díky své sladké chuti, ale i jeho hojivým, protizánětlivým a antibakteriálním schopnostem. Jeho léčivé účinky jsou známy již od starověku a napříč historií byl využíván v mnoha případech léčení ran či různých nemocí. V lidovém léčitelství hraje med důležitou roli i v této době, kdy se různé druhy používají pro výrobu léčivých mastí, nebo díky přírodním antibiotickým vlastnostem se med také využívá při nachlazení a onemocnění horních cest dýchacích. Na druhé straně rovněž stále roste výroba a konzumace cukru. Ve výživě tvoří nezanedbatelný zdroj energie, protože se využívá i k výrobě dalších potravin. Avšak vysokoenergetická strava má za následek nárůst hmotnosti, který může vygradovat až ke vzniku obezity. S obezitou se pojí další onemocnění zejména hypertenze a vznik diabetes mellitus 2. typu. Jejich prevalence v posledních letech stále roste a výskyt je mnohdy připisován konzumaci volných sacharidů či přímo cukru.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracovat přehlednou literární rešerši a zodpovědět otázku, zdali je med opravdu zdravější než bílý cukr.

Práce poskytuje informace o složení medu a jeho vlivu na zdraví v rámci vnějšího a vnitřního užití. Dále se zajímá o konzumaci cukru, výživová doporučení světových organizací ohledně konzumace volných sacharidů a onemocnění, která vznikají na základě konzumace cukru.

3 Literární rešerše

3.1 Med

Med je definován dle Codex Alimentarius (1987) jako přírodní sladká látka produkovaná včelami (*Apis mellifera*) z nektaru rostlin, ze sekretů živých částí rostliny nebo výměšků hmyzu živícího se sáním sekretů rostlin, které včely sbírají, transformují pomocí svých specifických látek, dehydratují a ukládají do pláství, kde dozrává. Podle vyhlášky č. 76/2003 Sb. oddílu 2, § 7 je med definován jako potravinu přírodního sacharidového charakteru. Jeho složení tvoří především glukóza, fruktóza, organické kyseliny, enzymy a pevných částic zachycených při sběru nektaru rostlin, výměšků hmyzu na povrchu rostlin (medovice) nebo výměšků na živých částech rostlin včelami, které sbírají a následně přetvářejí, kombinují se svými specifickými látkami, uskladňují a nechávají dehydratovat a zrát v plástech.

Včely jsou významné nejen pro tvorbu medu, ale i pro jejich ostatní produkty. Řadí se mezi ně včelí vosk, včelí jed, pyl, propolis a mateří kašička. Včelí vosk, jed a mateří kašička jsou chemicky syntetizovány včelami a ostatní produkty se získávají z rostlin a včelami jsou přeměňovány pro jejich potřebu (Schmidt 1997). Včely produkují med pro obstarání výživy v období, kdy není dostatek rozkvetlých květin nebo je nepřízeň počasí. V České republice se jedná zejména o období mezi měsíci říjen a březen. Med se využívá v potravinářství jako sladidlo nebo surovina k výrobě dalších produktů, např. medovina, pečivo aj. Mimo potravinářství je používán dále v medicíně či kosmetickém průmyslu (Bradbear 2009).

Český statistický úřad (2018) uvádí spotřebu medu za rok 2016 0,9 kg na osobu, přičemž jeho spotřeba v posledních letech roste. V roce 2017 byl zaznamenán import 3,2 tisíce tun medu především z Ukrajiny, Slovenska a Uruguaye. Export byl poloviční (1,5 tisíce tun) zejména do Německa, Slovenska a Francie. Evropská unie (EU) obývá první místo v rámci importu a produkce medu. Konzumace medu dosahuje v zemích jako Itálie, Francie, Velká Británie, Dánsko a Portugalsko středních hodnot mezi 0,3 a 0,4 kg medu na 1 obyvatele za rok. Nejvyšší hodnoty v konzumaci medu na území EU vykazuje Německo, Rakousko, Švýcarsko, Maďarsko a Řecko. Průměr na 1 obyvatele za rok je 1-1,8 kg medu. Oproti EU průměrné hodnoty ve Spojených státech amerických (USA), Kanadě a Austrálii jsou nižší, mezi 0,6 a 0,8 kg medu na 1 obyvatele za rok (Bogdanov et al. 2008).

3.1.1 Historie

Včely medonosné (*Apis mellifera*) patří mezi domestikovaná zvířata, ale stále u nich neproběhla domestikace do takové míry jako u hospodářských zvířat. Na území Evropy a Afriky jsou včely původním druhem. Do nedávné doby by byly schopny přežít v přírodě bez péče člověka, ale v průběhu posledních let se rozšířili jejich škůdci a predátoři a jejich existence nyní závisí na lidském faktoru. Mezi jejich hlavní parazity se řadí *Varroa destructor* (Bradbear 2009).

Včelařství a výroba medu má v České republice dlouhou tradici. Český svaz včelařů byl založen v roce 1872 a stále funguje ve většině českých měst. Svaz čítá přes 52 tisíc včelařů, kteří chovají přes 573 tisíc včelstev. Česká republika se řadí mezi státy, které mají nejvyšší organizovanost chovatelů včel z celého světa (Český svaz včelařů z. s. 2018).

3.1.2 Druhy medu

Dělení medu může probíhat dle různých parametrů. Vyhláška č. 76/2003 Sb. s úpravou č. 148/2015 ustanovuje rozdělení medů podle původu na květový a medovicový a podle způsobu získávání nebo obchodní úprav. Zde se rozlišuje na med vytočený, plástečkový, lisovaný, vykapaný, filtrovaný, pekařský, průmyslový a med s plástečky. Dále se může dělit med podle toho, z jakých rostlin pochází nebo jeho geografického původu.

Med květový převážně pochází zejména z nektaru květů. Jeho chuť by měla být výrazně sladká až škrablavá. Barva by měla být vodově čistá až s nazelenalým nádechem, slabě žlutá až zlatavě žlutá. Na rozdíl med medovicový pochází zejména z výměšků hmyzu (*Hemiptera*) sajícího šťávu z rostlin nebo je tvořen ze sekretů živých částí rostlin. Jeho chuť může být kořeněná až mírně škrablavá. Med květový a medovicový se snadno rozliší podle barvy, medovicový med bude výrazně tmavší, tmavohnědý s nádechem do červenohněda (Ministerstvo zemědělství 2003). Mezi sebou se liší také svými antibakteriálními a antioxidačními účinky, které jsou obecně vyšší u medu medovicového. Určité rozdíly jsou i v jejich fyzikálních parametrech, kde med medovicový vykazuje vyšší hodnoty elektrické vodivosti, pH, kyselosti, obsahu popela a oligosacharidů (Pita-Calvo & Vázquez 2017).

Vyhláška č. 76/2003 Sb. definuje typy medů podle jeho způsobu získávání nebo obchodní úpravy. Pastový med je med, který byl po získání upraven do pastovité konzistence a tvoří jej směs jemných krystalů. Vytočený med vzniká odstředováním odvíčkovaných bezplodových plástů. Plástečkovým medem se rozumí med uložený a zavíčkovaný včelami do

bezplodových plástů čerstvě postavených na mezistěnách vyrobených výhradně ze včelího vosku nebo bez nich. Prodává se v uzavřených celých plástech nebo dílech takových plástů. Vykapaný med se získává vykapáním odvíčkovaných bezplodových plástů. Med s plástečky je med, který obsahuje jeden nebo více kusů plástečkového medu. Lisovaný med se vytváří lisováním bezplodových plástů za použití mírného ohřevu do 45 °C nebo bez použití tepla. Filtrovaný med je med, ze kterého se po získání odstraní cizí anorganické nebo organické látky takovým způsobem, že dochází k významnému odstranění pylu. Pekařský neboli průmyslový med je určen výhradně pro průmyslové použití nebo jako složka do jiných potravin. Může mít cizí příchut' nebo pach, zároveň může vykazovat počínající kvašení nebo mohl být zahřátý.

Další druhy medu se mohou rozlišovat podle původu nektaru. Na území Evropy se nejčastěji produkují medy původem z řepky (*Brassica spp.*), vřesu (*Calluna vulgaris*), kaštanu (*Castanea sativa*), citrusů (*Citrus spp.*), blahovičnicku (*Eucalyptus spp.*), slunečnice roční (*Helianthus annuus*), levandule (*Lavandula spp.*), rododendronu (*Rhododendron spp.*), trnovníku (*Robinia pseudoacacia*), rozmarýnu (*Rosmarinus officinalis*), pampelišky (*Taraxacum officinale*) a lípy (*Tilia spp.*) (Oddo & Piana 2004).

3.1.3 Fyzikální a chemické požadavky

Fyzikální vlastnosti medu a požadavky na něj jsou definovány ve vyhlášce č. 76/2003 Sb. (Tabulka 1), kterou upravuje vyhláška č. 148/2015 Sb. V rámci chemických parametrů se sleduje součet obsahů fruktózy a glukózy a obsah sacharózy. Věnuje se také pozornost obsahu 5-hydroxymethylfurfuralu (dále HMF) a obsahu ve vodě nerozpustných látek. Ohledně fyzikálních parametrů jsou sledovány hodnoty obsahu vody, kyselosti, elektrické vodivosti a aktivity diastázy. U pekařského medu se sledují parametry obsahu vody a jeho kyselost.

Tabulka 1 Fyzikální a chemické požadavky medu (Ministerstvo zemědělství 2003)

Požadavek	Druh medu		
	květový	medovicový	pekařský (průmyslový)
součet obsahů			
fruktózy a glukózy (% hmot. nejméně)	60,0	45,0	-
obsah sacharózy (% hmot. nejvýše)	5,0 ¹⁾	5,0	-
obsah vody (% hmot. nejvýše) ³⁾	20,0	20,0	23,0
kyselost (mekv/kg nejvýše)	50,0	50,0	80
hydroxymethylfurfural (mg/kg nejvýše) ⁴⁾	40,0	40,0	-
obsah ve vodě nerozpustných látek ²⁾	0,10	0,10	-
elektrická vodivost (mS.m ⁻¹) ⁵⁾	nejvýše 80,0	nejméně 80,0	-
aktivita diastázy (stupňů podle Schadeho nejméně) ⁶⁾	8,0	8,0	-

1) U medu květového jednodruhového akátového z trnovníku akát (*Robinia pseudoacacia*), z tolice vojtěšky (*Medicago sativa*), z banksie (*Banksia menziesii*), z kopyšníku (*Hedysarum*), z blahovičnicku (*Eucalyptus camadulensis*), z *Eucryphia lucida*, z *Eucryphia miliganii*, z citrusů (*Citrus spp.*), může být obsah sacharózy nejvýše 10,0 %; u levandulového medu (*Lavandula spp.*) a u medu z brutnáku lékařského (*Borago officinalis*) může být obsah sacharózy nejvýše 15,0 %.

2) U medu lisovaného se přípouští nejvýše 0,50 % hmotnostních ve vodě nerozpustných látek.

3) U vřesového (*Calluna*) medu může být obsah vody nevíše 23 %, u pekařského medu z vřesu (*Calluna vulgaris*) může být obsah vody nejvíše 25 %.

4) U medů deklarovaného původu z regionů s tropickým klimatem a směsi obsahující výlučně tyto medy může být obsah hydroxymethylfurfuralu nejvíše 80 mg/kg.

5) Výjimky: planika (*Arbutus unedo*), vřesovec (*Erica*), blahovičník (*Eucalyptus camadulensis*), lípa (*Tilia spp.*) vřes obecný (*Calluna vulgaris*), balmín neboli manuka (*Leptospermum*), kajeput (*Melaleuca spp.*).

6) U medu s přirozeně nízkým obsahem enzymů (citrusové medy) a obsahem HMF nižším než 15 mg/kg může být aktivita diastázy nejméně 3.

Vlhkost neboli obsah vody je důležitým kvalitativním parametrem ohledně jeho skladování. Určuje jeho schopnost zůstat stabilní a bránit se vůči znehodnocení kvašením (Pita-Calvo & Vázquez 2017). Vodní aktivita se sleduje zpravidla z důvodu kontroly množení bakterií. Většina bakterií ohrožující kvalitu medu má hodnoty vodní aktivity k jejich růstu přes 0,84. Nejčastěji se jedná o *Clostridium botulinum*, *Salmonella* či *Bacillus aureus* (Conti 2000).

Kyselost medu je určena obsahem organických kyselin, zvláště kyseliny glukonové, a koncentrací anorganických iontů, převážně se jedná o fosfáty a chloridy (Pita-Calvo & Vázquez 2017). Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 3,7–4,5 (Bradbear 2009) a je ovlivněna podmínkami skladování a extrakcí. Na hodnotu pH nemá vliv botanický původ (Oroian 2012).

Obsah HMF je vhodný indikátor pro určení kvality medu a jeho dobu skladování. V medu se přirozeně vyskytuje, ale jeho hodnota roste při jeho zpracování a skladování. Sekundárně vzniká při Maillardově reakci, při které reagují redukující cukry s proteiny, popř. aminokyselinami. HMF je snadno absorbován z potravy přes gastrointestinální trakt, metabolizuje se do různých derivátů a exkrece probíhá močí (Bradbear 2009). HMF má široké spektrum účinků jak na včelí, tak i lidský organismus. Mezi jeho pozitivní efekty na lidský organismus se řadí antioxidační (Wang et al. 2010; Zhao et al. 2013), antialergenní (Yamada et al. 2011; Alizadeh et al. 2017) a antikarcinogenní chování (Kataoka et al. 1997). Naopak negativními efekty jsou nepřímá mutagenita (Florin et al. 1980; Nishi et al. 1989; Lee et al. 1995), tvorba rakovinových buněk (Archer et al. 1992; Bruce et al. 1993; Paulsen et al. 2005; Preston et al. 2008), podráždění sliznice, očí či horních dýchacích cest (Morales 2008). Může působit toxicky na játra a ledviny (Burckhardt & Burckhardt 2003; Bakhiya et al. 2009; Bauer-Marinovic et al. 2012). Včely jsou také ohrožené působením HMF. Způsobuje včelí úplavici, intestinální vředovitost nebo dokonce smrt (Shapla et al. 2018).

Elektrická vodivost je dobrým kritériem pro zjišťování botanického původu medu. U medů původem z nektaru má hodnotu nižší než 80,0 mS/m, naopak u medů původem z medovice je hodnota vodivosti vyšší. Dalším parametrem je optická otáčivost tedy schopnost medu otáčet rovinu polarizovaného světla. Rotace závisí zejména na struktuře a jednoduchosti sacharidů (Pita-Calvo & Vázquez 2017).

Pomocí aktivity diastázy se v Evropě stanovuje čerstvost medu. Úroveň aktivity se definuje jako množství enzymu, které přemění 0,01 g škrobu na určitý konečný produkt během jedné hodiny při 40 °C a uvádí se v Schadeho stupních (Bogdanov 1997). Ve starých

či zahřátých medech je aktivita značně nižší. Pro medy s přirozeně nízkou enzymatickou aktivitou je nejnižší povolená hodnota 3 stupně Schadeho a zároveň musí splňovat obsah HMF do 15 mg/kg (Pita-Calvo & Vázquez 2017).

Díky nízkému pH a redukované vodní aktivitě se očekává, že v medu přežije (eventuelně dále poroste) jen limitovaný počet mikroorganismů. Převážně se vyskytují kvasinky a plísně, které mohou doprovázet i spory, jež se mohly dostat do medu při sběru nektaru, prachem, větrem nebo během sběru a zpracování medu lidským činitelem (Roig-Sagués et al. 2018).

3.1.4 Chemické složení

Složení medů je velmi variabilní. Primárně závisí na původu nektaru, ale také na jeho geografickém a entomologickém původu (Anklam 1998) či sezónních a enviromentálních faktorech společně s procesem výroby (Alvarez-Suarez et al. 2010). Obsah vody dosahuje zpravidla okolo 17–20 %. Kromě sacharidů obsahuje malé množství ostatních komponentů jako minerální látky, vitamíny, proteiny či aminokyseliny. Naopak med je velmi chudá potravina na obsah lipidů, které obsahuje zpravidla do 1 % (Bradbear 2009).

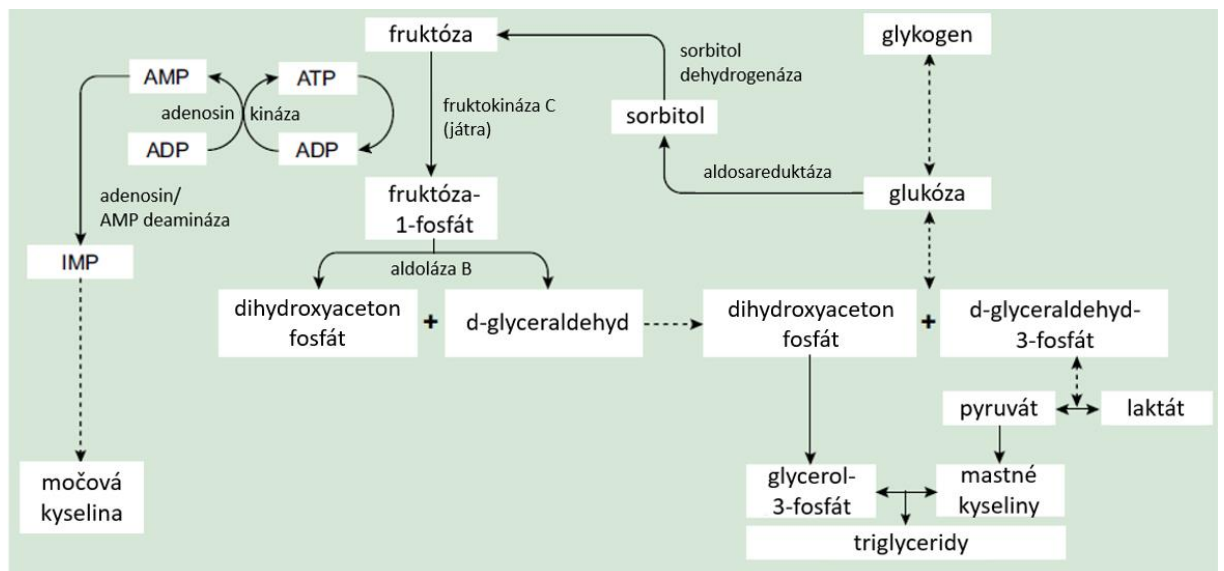
3.1.4.1 Sacharidy

Největší podíl sušiny tvoří sacharidy. Hlavní složkou jsou jednoduché sacharidy, fruktóza a glukóza, které dosahují 85–95 % ze všech sacharidů. Mezi sebou se nejčastěji pohybují v poměru 1,2:1,0 (White 1975). Poměr obsahů fruktózy a glukózy je u každého medu specifický. U většiny však převažuje obsah fruktózy nad glukózou až na výjimky jako je řepka (*Brassica napus*), pampeliška (*Taraxacum officinale*) a trichostema (*Trichostema lanceolatum*). V průběhu skladování dochází ke zvyšování obsahu monosacharidů díky hydrolýze složitějších sacharidů (Cavia et al. 2002). Med může při skladování podléhat krystalizaci. Rychleji krystalizují medy s vyšším obsahem glukózy vůči fruktóze. Nejčastěji k tomuto jevu dochází u medu ze slunečnice (*Helianthus annuus*). Naopak medy s obsahem glukózy pod 30 % krystalizují významně pomaleji. Mezi ně se řadí medy z ostružiníku (*Rubus spp.*), blahovičnicku (*Eucalyptus spp.*) a medovicové medy (Escuredo et al. 2014). Změnám sacharidů se může předejít pomocí skladování po dobu 6 měsíců při teplotě 4 °C (Rybak-Chmielewska 2007).

3.1.4.1.1 Fruktóza

Fruktóza (ovocný cukr) je monosacharid, který se skládá ze šesti uhlíků a na jeho druhém uhlíku je navázána keto skupina. V přírodě se přirozeně vyskytuje v ovoci a medu. Z potravy se přijímá přes enterocyty v tenkém střevě. Přes jejich membránu prochází pomocí transportérů GLUT2 a GLUT5. Na rozdíl od glukózy není využívána pro tvorbu energie a je převážně metabolizována v játrech. Konzumace fruktózy v posledních 50 letech postupně stoupá. Hlavním zdrojem se stal vysokofruktózový kukuřičný sirup (high-fructose corn syrup, dále HFCS). Na území USA od roku 1978 denní příjem přidané a celkové fruktózy vzrostl, ačkoli procento kalorií z příjmu sacharidů zůstalo neměnné. Tato situace pravděpodobně nastala právě díky zvýšené konzumaci HFCS (Marriott et al. 2009).

Fruktóza bývala označována jako vhodný sacharid pro pacienty trpící diabetem vzhledem k jejímu nízkému glykemickému indexu a nízké inzulínové odpovědi (Shapiro et al. 2008). Již v 60. letech minulého století byly uskutečněny studie, které poukázaly na unikátní schopnost fruktózy zvyšovat hladinu plazmatických triacylglycerolů a obsah tuku v játrech (Macdonald 1966; Al-Nagdy et al. 1970; Laube et al. 1973). Fruktóza má lipogenní potenciál, tj. v rámci metabolismu se mohou produkty stát triglyceridy, a může být příčinou de novo lipogeneze (Obrázek 1) (Jensen et al. 2018).



Obrázek 1 Metabolismus fruktózy a glukózy (AMP – adenosinmonofosfát; ADP – adenosindifosfát; ATP – adenosin trifosfát; IMP – inosinmonofosfát) (Jensen et al. 2018)

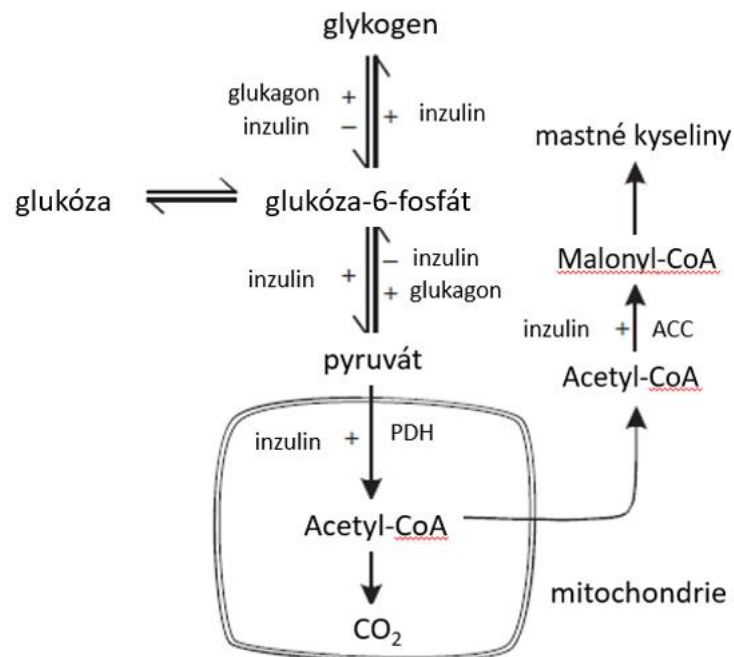
Vyšší konzumace fruktózy jako součásti vysokoenergetické diety může způsobit jaterní inzulínovou a leptinovou rezistenci. Dále se může zvyšovat procento celkového

i viscerálního tuku v organismu. Ektopický tuk se akumuluje zejména v játrech a kosterním svalstvu. V dlouhodobém časovém horizontu tyto účinky mohou být v blízké asociaci s patofyziologií metabolického syndromu (Shapiro et al. 2008).

3.1.4.1.2 Glukóza

Glukóza (dextrosa, hroznový cukr) je monosacharid, který se objevuje v lidské stravě nejčastěji, zejména jako součást disacharidů (sacharóza a laktóza) či polysacharidů (škrob, glykogen). Jedná se o šestiuhlíkatý sacharid s aldehydickou skupinou na prvním uhlíku. Z potravy je přijímána přes enterocyty do krevního řečiště. V lidském těle plní několik funkcí. Slouží jako hlavní zdroj energie pro erytrocyty a jako preferovaný zdroj energie pro mozkovou tkáň, buňky centrálního nervového systému, placenty a plodu.

Hraje důležitou roli v udržení konstantní hladiny glykémie (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board 2002). Regulace glykémie probíhá především hormonálně pomocí inzulínu a glukagonu (Obrázek 2). Jedná se o hormony, které řídí syntézu, resp. degradaci glykogenu. Sekrece inzulínu z β -buněk pankreatu je stimulována glukózou nebo aminokyselinami (Chen et al. 1985; Gong & Muzumdar 2012).



Obrázek 2 Regulace metabolismu glukózy pomocí jater (PDH – pyruvátdehydrogenasa; ACC – acetyl-koenzym A-karboxylasa). Když dojde ke vzrůstu glykemie, játra odebírají glukózu z oběhu a fosforylují ji na glukóza-6-fosfát. Osud glukóza-6-fosfátu určuje bilance inzulínu a glukagonu. Pokud hladina krevní glukózy klesne, játra uvolní glukózu ze skladovaného glykogenu nebo z glukoneogeneze (Lanham-New et al. 2011).

3.1.4.1.3 Oligosacharidy

Nejvýznamnějším disacharidem v medu je sacharóza, jinak nazývaná jako řepný cukr. Skládá se ze dvou podjednotek – glukózy a fruktózy. Její množství by nemělo přesahovat 5 % hmotnostních (hm.). Jelikož mezi sekrety včel patří invertasa, dochází k rozštěpení většiny množství sacharózy již v medu (Davis 1995). V lidském organismu se sacharóza štěpí v kartáčovém lemu membrány enterocytů v tenkém střevě za přítomnosti sacharázy a vzniká glukóza společně s fruktózou, které jsou přes enterocyty vstřebávány do organismu.

Majoritní část disacharidů tvoří již zmiňovaná sacharóza, společně s maltózou a turanózou. V medu se z trisacharidů vyskytují především erlóza. Minoritně se v medu vyskytují oligosacharidy celobióza, isomaltóza, maltulóza, palatinóza, isomaltotrióza, maltotrióza, melezitóza, panóza či rafinóza. Většina sacharidů, které med obsahuje, jsou ihned tráveny v tenkém střevě (Moreira et al. 2010). U medovicového medu je obsah oligosacharidů značně vyšší než medů původem z nektaru (Pita-Calvo & Vázquez 2017). Oligosacharidy mohou v organismu plnit více funkcí, ale především mohou působit jako prebiotika. Funkce prebiotik je důležitá v rámci trávení v tlustém střevě, kdy oligosacharidy působí jako zdroj energie pro střevní mikroflóru. Oligosacharidy působí na rody *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Ovlivňují jejich růst a zároveň produkci kyselin (Sanz et al. 2005).

3.1.4.2 Dusíkaté látky

Mezi další složky medu patří proteiny a volné aminokyseliny. Celkem tvoří zhruba 0,5 %. Proteiny jsou především enzymatického charakteru a jejich přítomnost se přičítá sekretům slinných žláz včel a rostlinným zdrojům – nektar a pyl. Mezi medy s vysokým obsahem proteinů patří medy s původem zástupců čeledí *Sapindaceae* a *Rubiaceae* (Azeredo et al. 2003). Hlavní aminokyselinou medu je prolin, který tvoří nadpoloviční většinu dusíkaté frakce. Je kritériem zralosti medu a v některých situacích může sloužit při rozpoznávání falšování. V Německu hodnoty prolinu pod 180 mg/kg ukazují nezralý nebo falšovaný (Bogdanov 1997). Podle Del Campo et al. (2016) se v medu vyskytují také aminokyseliny alanin, izoleucin, leucin a valin. Mezi hlavní enzymy obsažené v medu patří α -glukosidasa (White & Kushnir 1967). Dále jsou to enzymy invertasa, β -glukosidasa, kyselá fosfatasa, diastasa, katalasa a glukosaoxidasa (Won et al. 2009).

3.1.4.3 Organické kyseliny

Organické kyseliny zaujímají v medu okolo 0,5 %, ale jsou důležité pro jeho chuť, aroma, barvu a jeho skladování, kdy znesnadňují růst mikroorganismů (Ananias et al. 2013).

Kyseliny společně s anorganickými ionty udávají kyselost a elektrickou vodivost. Některé organické kyseliny se mohou vyskytovat přímo v nektaru či medovici, např. citrónová, jablečná a šťavelová kyselina, ale většina vzniká aktivitou sekretů včel během zrání a skladování (De-Melo et al. 2017).

Hlavní organickou kyselinou medu je glukonová kyselina (dále GA). Vzniká v medu díky glukosaoxidase, která katalyzuje dehydrogenaci glukózy, při níž vzniká kyselina společně s peroxidem vodíku. Nejdřív se glukóza přemění na δ -glukonolakton, který je dále hydrolyzován na kyselinu (Moreira et al. 2010). Koncentrovaný roztok kyseliny obsahuje laktonové struktury (neurální cyklický ester) a vykazuje antiseptické účinky. GA je hojně přítomná v rostlinách, ovoci a dalších potravinách jako je rýže, maso, mléčné produkty, víno, med a ocet. V průmyslu se kyselina a její soli využívají v přípravě potravinových, farmaceutických a hygienických produktů. Soli zároveň mohou působit jako suplementy minerálních látek pro prevenci nedostatku vápníku, železa či sodíku (Ramachandran et al. 2006).

Piva et al. (2016) zkoumali na selatech vliv GA na růst, intestinální mikrobiotu a morfologii stěn intestinální trubice. Selata byla rozdělena do 4 skupin. Každá skupina byla homogenní v ohledu na váhu, pohlaví a podestýlku. První (kontrolní) skupina přijímala potravu bez přídavku GA, druhá skupina přijímala stravu obohacenou o 3 000 ppm (parts per million neboli jedna miliontina), třetí o 6 000 ppm a čtvrtá o 12 000 ppm GA. Používal se 50% roztok GA. Pokusem bylo zjištěno, že přidáním GA do stravy je ovlivněno složení a aktivita intestinální mikroflóry a může mít kladný vliv na růst selat po odstavu. Rovněž bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací GA ve stravě se v jejunu zvyšovala koncentrace mastných kyselin s krátkým řetězcem (short-chain fatty acid, SCFA). Tyto kyseliny mají řetězec tvořený 1 až 5 uhlíky. Vznikají především v první části tlustého střeva (vzestupném tračníku) a pro organismus mají značný význam. Působí lokálně jako zdroj energie pro střevní epitelální buňky a zároveň zvyšují absorpci vápníku, železa a hořčíku. Dále mají příznivý vliv na metabolismus glukózy a lipidů v játrech (Ministerstvo zemědělství 2019).

GA společně s fenolovými sloučeninami obsaženými v medu je připisována antioxidační funkce a kladný vliv na hustotu kostní tkáně (Zaid et al. 2010). Společně zvyšují absorpci vápníku v kostech hlodavců (Fournier & Dupuis 1975; Ariefdjohan et al. 2008).

3.1.4.4 Vitaminy

Vitaminy nacházející se v medu jsou převážně hydrofilní. Podle Ciulu et al. (2011) med nepatří mezi potraviny bohaté na vitaminy, jejich koncentrace se pohybuje většinou

v jednotkách miligramů na kilogram popř. 100 g medu. Ve většině zkoumaných vzorků se nacházela askorbová kyselina (vitamin C) zároveň s niacinem (vitamin B₃). Celkově obsah askorbové kyseliny byl překvapivě nízký okolo 5 mg/kg a jeho hodnoty se u každého medu lišily pravděpodobně z důvodu průběhu interakcí mezi askorbovou kyselinou, glukosidasou a katalasou. Hodnoty vitamínu B₃ byly vyšší (přes 25 mg/kg) a silně závisely na botanickém původu vzorků. Ve zkoumaných medech bylo zjištěno množství kyseliny pantothenové (vitaminu B₅) nad 10 mg/kg, riboflavin (vitamin B₂) a listová kyselina (vitamin B₉) měly své hodnoty pod touto hranicí.

Askorbová kyselina (vitamin C) působí v organismu jako významný antioxidant (Rose 1989; Frei 1991; Weber et al. 1996). Lidský organismus není schopen jej syntetizovat, proto je nutný zajistit dostatek příjmu vitamínu C ze stravy. Vysoké množství askorbové kyseliny se vyskytuje v ovoci a zelenině. Při nedostatku vitamínu C dochází k onemocnění s názvem kurděje (WHO & FAO 2004). Dle vyhlášky č. 352/2009 Sb. je doporučená denní dávka pro vitamin C 80 mg. WHO & FAO (2004) udává hodnoty doporučené denní dávky podle věkových skupin, přičemž u adolescentů by měl příjem askorbové kyseliny dosahovat 40 mg a u dospělých jedinců 45 mg. Těhotné a kojící ženy by měly přijímat vyšší množství, tj. 55 resp. 70 mg. Ciulu et al. (2011) naměřili nejvyšší hodnoty v eukalyptovém medu ($5,8 \pm 0,5$ mg/kg). Průměrné hodnoty u vícedruhových medů se pohybovaly od $1,3 \pm 0,8$ mg/kg do $3,2 \pm 0,7$ mg/kg. Da Silva et al. (2012) sledovali množství askorbové kyseliny v 7 vzorcích pomocí askorbát oxidasy. Med z *Eucalyptus tereticornis* obsahoval 6,20 mg vitamínu C na 100 g medu. Na protipólu s nejnižším množstvím vitamínu C (1,5 mg/100 g) byly medy z *Vernonia polyanthes* a divokého *Julocroton triqueter*.

Thiamin (vitamin B₁) má důležitou koenzymatickou funkci v metabolismu sacharidů a aminokyselin s rozvětveným řetězcem (branched-chain amino acids, BCAA). Nedostatek thiaminu způsobuje onemocnění beri beri, polyneuritidu a Wernicke-Korsakovův syndrom. Doporučená denní dávka podle vyhlášky č. 352/2009 Sb. je 1,1 mg. Hodnot od WHO & FAO (2004) se dělí pro ženy a muže. Ženy by měly dosáhnout denního příjmu 1,1 mg thiaminu a muži 1,2 mg. Ve vzorcích medu se podle Bogdanov et al. (2008) vyskytuje mezi 0,00 a 0,01 mg vitamínu B₁ ve 100 g medu.

Riboflavin (vitamin B₂) působí enzymaticky jak v oxidačních, tak redukčních reakcích. Jako hlavní příčina hyporiboflavinózy je neadekvátní příjem z potravy díky limitované nabídce potravin. Mnohdy může být efekt umocněn špatným skladováním a výrobou potravin (WHO & FAO 2004). Dle vyhlášky č. 352/2009 Sb. je doporučený denní

příjem riboflavinu 1,4 mg. Ve vzorcích medu bylo identifikováno dle Ciulu et al. (2011) různě množství riboflavinu. Nejvíce vitamínu B₂ vykazoval med z bodláku ($9,2 \pm 0,2$ mg/kg) a levandule (6 ± 1 mg/kg).

Deficience niacinu (vitamin B₃) způsobuje onemocnění jménem pelagra. Jedná se o nemoc, která postihuje kůži a trávicí trakt. Pelagra může být doprovázena průjmami, dermatitidou a demencí (Hegyi et al. 2004). Denní doporučení pro příjem je 16 mg pro dospělé (Ministerstvo zdravotnictví 2009). WHO & FAO (2004) doporučuje dospělým ženám denní příjem 14 mg a dospělým mužům 16 mg. Nejvyšší hodnota 27 mg/kg byla naměřena v medech z citrusů (Ciulu et al. 2011).

Pantothenová kyselina (vitamin B₅) je součástí komplexu syntázy mastných kyselin a koenzymu A. Funguje jako kofaktor, který nese acylové skupiny v mnoha enzymatických procesech. Její nedostatek se projevuje únavou, poruchami spánku, zhoršenou koordinací a nevolností (WHO & FAO 2004). Doporučený příjem pro dospělé je podle vyhlášky č. 352/2009 6 mg denně. Hodnoty naměřené dle Ciulu et al. (2011) se pohybovaly od limitu kvantifikace po hodnoty 18 ± 1 a 19 ± 6 mg/kg. Maximum bylo naměřeno v medu z asfodelu.

Pyridoxin (vitamin B₆) plní koenzymatickou funkci v metabolismu aminokyselin, glykogenu a sfingoidních bází. Jeho nedostatek se projevuje seborrhoickou dermatitidou, praskáním ústních koutků a glositidou – zánětem sliznice dutiny ústní nebo jazyka. Jeho deficit se samostatně vyskytuje velmi sporadicky, většinou se objevuje v rámci nedostatku celého B komplexu (WHO & FAO 2004). Denní příjem u dospělých by měl dosahovat 1,3 mg u dospělých jedinců. U žen nad 50 let by se příjem měl zvýšit na 1,5 mg a u mužů nad 50 let by měl dosáhnout 1,7 mg (WHO & FAO 2004). Dle vyhlášky č. 352/2009 je doporučená denní dávka 1,4 mg. Obsah vitamínu B₆ se podle Bogdanov et al. (2008) pohyboval v rozmezí hodnot 0,01–0,32 mg v 100 g medu.

Tetrahydrofolát, aktivní forma listové kyseliny (vitamin B₉), je velmi důležitá obzvláště v těhotenství, kdy má značný vliv na vývoj plodu. Při nedostatku nastává megaloblastová anémie a u plodu nastává riziko defektů neurální trubice (WHO & FAO 2004). Dle Vyhlášky č. 352/2009 je doporučený denní příjem listové kyseliny 200 µg. U těhotných žen je doporučeno, aby se příjem vitamínu B₉ zvýšil a to až na 600 µg (Bailey 2000). Ciulu et al. (2011) naměřili nejvyšší hodnoty listové kyseliny v medu z eukalyptu. Úplné maximum bylo $6,92 \pm 0,01$ mg/kg.

3.1.4.5 Fenolické sloučeniny

Andrade et al. (1997) stanovili ve zkoumaných vzorcích 26 fenolických sloučenin. Medy obsahují fenolové sloučeniny v rozmezí 56 až 500 mg/kg. V medu se vyskytují jak flavonoidy, tak fenolové kyseliny a jejich deriváty. Hlavními polyfenoly jsou především flavonoidy a byly zjištěny vyšší hodnoty u medů, které byly vyprodukovány v suchém období s vysokými teplotami. Jedná se především o kvercetin, luteolin, kaempferol, apigenin, chrysin a galangin (Kenjerić et al. 2007). Nejvyšší koncentrace z celého spektra flavonoidů byla zjištěna u chrysinu, ve 100 gramů medu bylo obsaženo 231,1 µg. Z fenolických kyselin byla nejhojněji zastoupená kávová a p-kumarová kyselina (Kenjerić et al. 2007; Oroian & Sorina 2017). Dále bylo zjištěno, že tmavě zbarvené druhy medu obsahují více fenolových kyselin a méně flavonoidů v porovnání se světlými druhy medu (Amiot et al. 1989).

Poměr mezi kyselinami a flavonoidy může poukázat na rozdílný květový původ medu (Alvarez-Suarez et al. 2010). Med původem z vřesu (*Erica spp.*) obsahoval vyšší množství derivátů fenolových kyselin a naopak vykazoval nízké hodnoty v rámci flavonoidů. Na opačné straně u medů s původem z citrusů (*Citrus spp.*) a rozmarýnu (*Rosmarinus officinalis L.*) se vyskytovalo malé množství derivátů fenolových kyselin. Bylo také zjištěno, že určité sloučeniny mohou být charakteristické jen pro daný jednodruhový med. Rozmarýnová kyselina je specifická pro med původem z tymiánu (*Thyme spp.*), naringenin u medu z levandule (*Lavandula stoechas L.*), hesperidin u citrusových medů (*Citrus spp.*). Ellagová kyselina, dimer gallové kyseliny, se vyskytovala v medu z vřesu (*Erica spp.*). Zároveň byl zjištěn rozdíl v procentuálním zastoupení kyselin u těchto druhů. Med z vřesu obsahoval okolo 35 % fenylesteru kávové kyseliny a u med z levandule byla nejvíce zastoupena m-kumarová kyselina (Andrade et al. 1997).

Fenolové sloučeniny jsou významné díky jejich antioxidační aktivitě, kdy chrání organismus před volnými radikály. Společně s fenolickými sloučeninami v medu působí antioxidačně i vitamin C a katalasa. Zejména u velké řady flavonoidů byla zjištěna antioxidační aktivita, schopnost vázat volné radikály (Maridonneau-Parini et al. 1986; Ferrali et al. 1997), schopnost prevence kardiovaskulárních onemocnění (Hertog et al. 1993a; Geleijnse et al. 1999) a protirakovinné účinky (Knekt et al. 1997; Fresco et al. 2006). Schopnost prevence rakoviny je velmi diskutovaná, funkce flavonoidů je především inhibice karcinogeneze (Hertog et al. 1993b; Siess et al. 1996). Některé flavonoidy prokazují potenciál funkce anti-HIV (human immunodeficiency virus) (Yao et al. 2004). Zaidi et al. (2019) zjistili, že fenoly obsažené v medu silně inhibují funkci α -glukosidasy. Mohou představovat

skutečnou náhradu synteticky připravených molekul určených k léčbě diabetu. Příjem fenolových sloučenin může každý den kolísat, záleží na druhu přijaté potravy a daném obsahu fenolových sloučenin. Jejich příjem nelze přesně stanovit, protože se vyskytují hojně v lidské stravě, např. v ovoci, zelenině a nápojích jako je čaj a víno (Yao et al. 2004).

3.1.4.6 Minerální látky

Z minerálních látek se v medu vyskytují makroprvky draslík, sodík, vápník, hořčík, železo a z mikroprvků se jedná o hliník, měď, zinek, mangan, křemík, nikl, chrom aj. (Conti 2000; Solayman et al. 2016). Většina prvků významně koreluje s elektrickou vodivostí. Stopové prvky Ni, Fe, Mn a Cd společně s elektrickou vodivostí mohou sloužit při určování původu jednodruhových medů. Mikroelementy Cr, Cu, Zn, Fe a Mn jsou důležité pro biologické procesy. Toxicity dosahují jen ve vyšších hodnotách, které se v medu téměř nevyskytují. Všechny již zmíněné prvky mohou být původem přírodního i antropogenního. Kromě přímé exkrece přes nektar se prvky dostávají do medu pomocí prachu či aerosolu na květinách, přes povrch listů nebo přímo díky samotným včelám (Bogdanov et al. 2007).

Z makroprvků jsou v medu zastoupeny především draslík, sodík a vápník. Ve studii od Conti et al. (2018) při měření obsahu minerálních látek vykazoval nejvyšší hodnoty draslík, který se pohyboval v rozmezí 237 až 6520 μg na gram medu. Obsah vápníku měl nejvyšší hodnotu 283 μg na 1 gram medu a sodíku bylo v 1 gramu medu nejvíce 176 μg . Ve 100 gramech zaujímají množství v desítkách miligramů. Přesto nemají z nutričního hlediska velký význam.

Hyperkalémie je způsobena především selháním regulačních mechanismů jako je sodno-draselná pumpa, bilance vodíkových iontů a koncentrace plazmového inzulínu, adrenalinu, noradrenalinu a aldosteronu (He & MacGregor 2008). Podle vyhlášky č. 352/2009 Sb. by denní příjem draslíku měl činit 2000 mg. Obsah draslíku dosahoval až 6520 μg (Conti et al. 2018).

Zdroj sodíku ve výživě je především kuchyňská sůl. Vysoký příjem soli může mít za následek hypertenzi či kalciurii. Sodík je důležitý prvek při přenosu nervového vzruchu do svalů a hraje důležitou roli v transportu přes buněčnou membránu (WHO & FAO 2004). Dle Referenčních hodnot pro příjem živin (2011) je doporučená denní dávka sodíku pro dospělé osoby 550 mg.

Vápník je důležitý prvek pro správný vývin kostry. V kostech je deponováno zhruba 99 % z celkového obsahu vápníku v těle. Ve stáří společně s nedostatkem vápníku může docházet k rychlejší ztrátě kostní hmoty (WHO & FAO 2004). Dle vyhlášky č. 352/2009 Sb.

by denní příjem vápníku u dospělých osob měl dosahovat 800 mg. U těhotných a kojících žen by se měl příjem vápníku navýšit na 1200 resp. 1300 mg Ca za den.

Med obsahuje i ostatní elementy. Z nutričního hlediska jsou nejvýznamnější chrom, mangan a selen, zvláště pro skupinu dětí od 1 do 15 let. Prvky jako je síra, bor, kobalt, fluor, jód, molybden a křemík mohou být pro výživu lidí důležité, ačkoli nejsou stanovené jejich doporučené denní dávky (Bogdanov 2016).

3.1.4.7 Cizorodé částice

V medu se mohou vyskytovat cizorodé částice různých typů a zdrojů. Ke znečištění může dojít včelami při sběru pylu či antropogenním faktorem v rámci zemědělství. V medu se mohou vyskytovat bakterie, rezidua pesticidů, antibiotik, těžkých kovů či radioaktivních látek. Rezidua pesticidů mohou představovat pro lidský organismus vysoké riziko z hlediska rakovinového bujení (Brown et al. 1990; Falck et al. 1992; Garabrant et al. 1992), neurotoxických (Rogan & Gladen 1992) a teratogenních účinků (Mendola et al. 1995). Přítomnost antibiotik může zvyšovat rezistenci vůči lidským i živočišným patogenům (Witte 1998; Singer et al. 2003). Největším bakteriálním rizikem jsou sporotvorné bakterie především *Clostridium botulinum*, jejichž spory odolávají i vysokým teplotám. Několik případů dětského botulismu je spojováno s konzumací kontaminovaného medu. Malé děti do 1 roku by neměly konzumovat nesterilovaný med z důvodu vysokého rizika kontaminace (Al-Waili et al. 2012). Nakano & Sakaguchi (1991) provedli testy na kontaminaci sporami a zjistili vysokou kontaminaci (30-60 spor/g). Zároveň fyzikální parametry se významně nelišili. Byl zpozorován lehký nárůst hodnot pH, ale množství HMF a aktivita diastázy nevykazovaly jiné hodnoty oproti negativním vzorkům.

3.2 Cukr

Vyhláška č. 76/2003 Sb. definuje cukr jako vyčištěnou vykrystalizovanou sacharózu upravenou zejména do krystalů, moučky, kostek, homolí, popřípadě doplněná přídatnými látkami, látkami určenými k aromatizaci nebo kořením. Řadí se mezi přírodní sladidla společně s tekutým cukrem, invertním cukrem, glukózovým sirupem, dextrózou a fruktózou. Sacharóza musí dosahovat minimálně 99,7 % hm. Dále jsou ve vyhlášce definovány druhy cukru společně se skupinami a podskupinami (Tabulka 2).

Tabulka 2 Členění cukru na druhy, skupiny a podskupiny (Ministerstvo zemědělství 2003)

Druh	Skupina	Podskupina
Přírodní sladidla	cukr extra bílý	
	cukr bílý	krystal, krupice, moučka
	cukr polobílý	
	cukr moučka s obsahem protihrudkujících látek	
	tvárováný cukr (kostky, bridž, homole)	
	cukr s přísadami	
	přírodní cukr	
	kandys	
	tekuté výrobky z cukru	tekutý cukr tekutý invertní cukr sirup z invertního cukru karamel
	dextróza	dextróza monohydrát
	fruktóza	dextróza bezvodá
	glukózový sirup	sušený glukózový sirup

Cukr krystal je definován vyhláškou č. 76/2003 Sb. jako volně sypká směs krystalů stejnoměrného zrnění. Cukr krupice je volně sypká směs menších nebo rozdrčených krystalů stejnoměrného zrnění. Cukr moučka je volná sypká směs jemně drcených krystalů.

3.2.1 Výroba a produkce cukru

Cukr se v České republice vyrábí z cukrové řepy (*Beta vulgaris*). Jedná se o velmi významnou komoditu na našem území. Podle Ministerstva zemědělství (2018) se v sezóně 2016/2017 nacházelo v ČR 867 pěstitelů. Během posledních 13 sezón postupně klesal počet českých cukrovarů z původních 11 (2005/2006) přes 10 (2006/2007) až k nynějším 7. Výroba bílého cukru v ČR v posledních letech stoupá a v sezóně 2017/2018 dosáhla hodnoty přes 600 tisíc tun (Tabulka 3).

Tabulka 3 Statistika komodity cukr – cukrová řepa v České republice (Ministerstvo zemědělství 2018)

Parametr	hosp. rok 2016/2017	hosp. rok 2017/2018	hosp. rok 2018/2019
			(odhad k 15.10 2018)
Počet všech pěstitelů	867	-	-
Počet činných cukrovarů	7	7	7
Výnos bulev pro výrobu cukru (t/ha)	71,23	73,85	-
Cukernatost (%)	18,20	17,50	18,30
Výroba bílého cukru			
ČR vyrobeného v ČR (t)	592 656	636 002	555 000
Výnos bílého cukru (t/ha)	11,32	10,98	-
Výtěžek bílého cukru z řepy (%)	15,90	14,82	-

Z celosvětového pohledu produkce cukru existuje řepný a třtinový cukr z cukrové třtiny (*Saccharum officinarum*). Podle Statista jsou největší světoví producenti cukru

z cukrové třtiny Brazílie, Indie, Čína, Thajsko a Pákistán. Mezi největší producenty řepného cukru patří Francie a Rusko. Celosvětová produkce v roce 2017 přesáhla 170 milionů tun.

3.2.2 Fyzikální a chemické požadavky

Požadavky na cukr jsou stanoveny vyhláškou č. 76/2003 Sb. (Tabulka 4) Cukr nesmí být podroben modření. Ohledně chemického složení se jedná o chemicky čistou sacharózu, která vznikla krystalizací koncentrované cukerné šťávy původem z cukrové řepy nebo cukrové třtiny.

Tabulka 4 Fyzikální a chemické požadavky na jakost cukru (Ministerstvo zemědělství 2003)

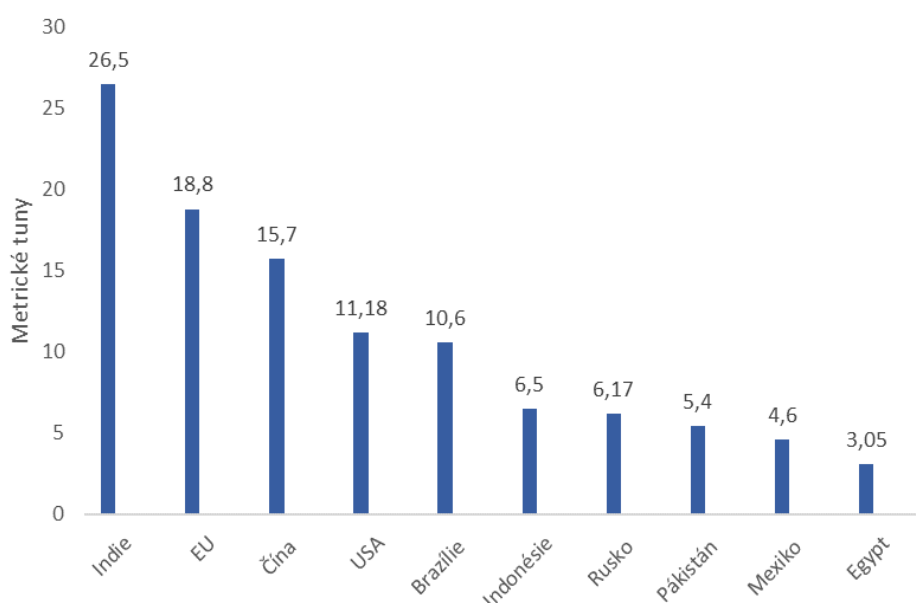
Požadavek	cukr extra bílý	cukr bílý	cukr polobílý
sacharóza			
polarimetricky (% hmot. nejméně)	99,7	99,7	99,5
invertní cukr (% hmot. nejméně)	0,04	0,04	0,1
ztráta sušením (% hmot. nejvýše)	0,06	0,06	0,1
barva roztoku při 420 nm (IU nejvýše)	22,5	45	150
obsah nerozpustných látek (mg/kg nejvýše)	50	50	50

Bílé cukry se podle vyhlášky č. 76/2003 Sb. hodnotí pomocí bodů. Cukr extra bílý může dosahovat celkově maximálně 8 bodů. Popel může tvořit nejvýše 6 bodů a barva roztoku body 3. Maximum celkových bodů pro cukr bílý je 22. Popel nesmí přesáhnout hranici 15 bodů a barva roztoku musí být pod 6 bodů.

3.2.3 Konzumace a význam v potravinářství

V průběhu 20. století byla přírodní sladidla, jako je med a různé sirupy, nahrazena rafinovaným cukrem. Společně s nárůstem konzumace cukru vzrostl výskyt obezity. V druhé polovině 20. století se v rámci produkce sladidel dostává na trh HFCS a v nynější době patří mezi nejvyužívanější sladidla v USA. Světová zdravotnická organizace (World Health Organization, dále WHO) doporučuje příjem volných sacharidů (free sugars) do 10 % z celkového příjmu energie. Do této skupiny se řadí monosacharidy a disacharidy přidané do potravin a nápojů výrobci, kuchaři nebo konzumenty společně se sacharidy, které se přirozeně vyskytují v medu, sirupech, ovocných šťávách a koncentrátech ovocných šťáv. Aktuální konzumace volných sacharidů se pohybuje ve značně vyšších hodnotách a snížením jejich množství ve stravě může pomoci redukcí rizika výskytu chronických onemocnění jak u dospělých lidí, tak u dětí. Příjem volných sacharidů se nepovažuje za vhodnou strategii pro zvýšení příjmu energie (WHO 2015).

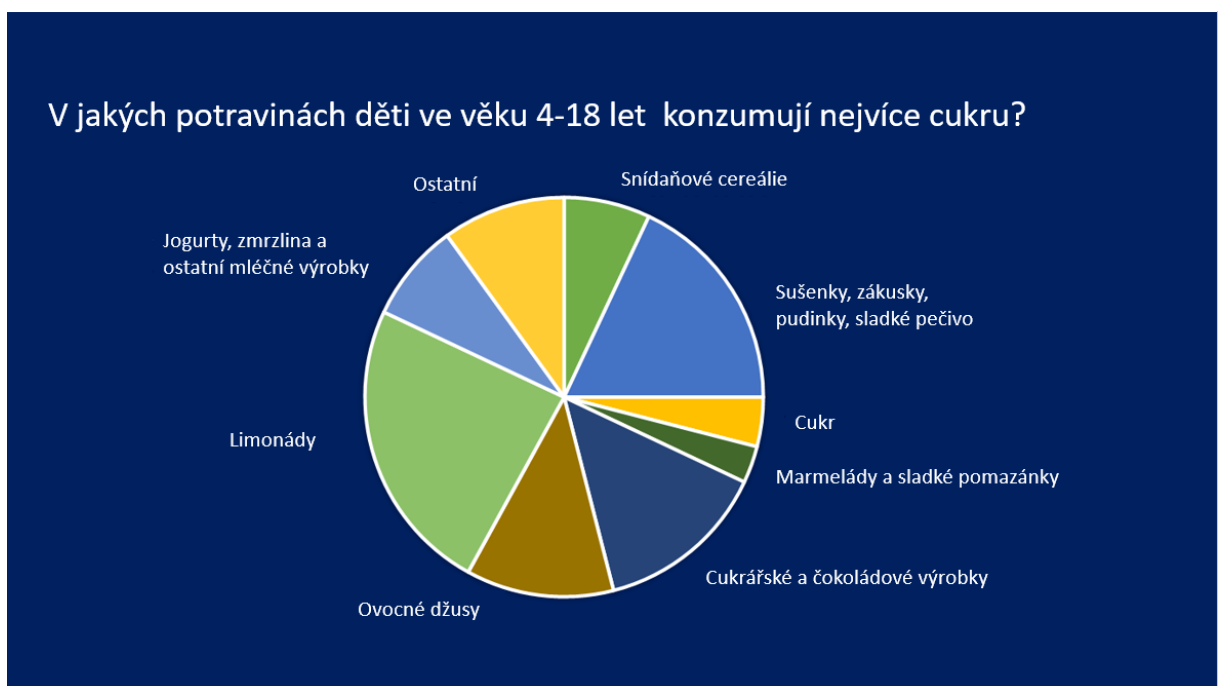
Konzumace cukru v ČR dle Českého statistického úřadu (2018) v roce 2017 dosáhla 34,9 kilogramů na osobu na rok. Během posledních let byla největší spotřeba v roce 2011, kdy přesáhla hranici 38 kilogramů. V této statistice je započítána konzumace cukru v pečivu, slazených nápojích, cukrovinkách aj. Celosvětově je největší konzument cukru Indie (Obrázek 3).



Obrázek 3 Konzumace cukru 2017/2018 vyjádřená v metrických tunách (Převzato z:

<https://www.statista.com/statistics/496002/sugar-consumption-worldwide/>)

Dětská obezita se ve 21. století stává jedním z velkých problémů. V posledních letech prevalence roste alarmující rychlostí. Celosvětově počet dětí do 5 let s nadváhou přesáhl v roce 2016 41 milionů. K nárůstu váhy dochází zejména v důsledku konzumace vysokoenergetické stravy, která je bohatá na tuky a sacharidy, ale zároveň organismus postrádá potřebné mikronutrienty jako jsou vitaminy a minerální látky. Nadváha a obezita jsou u dětí velkým problémem, mají větší pravděpodobnost mít nadváhu či obezitu i v dospělém věku a zvyšuje se u nich riziko výskytu onemocnění jako je diabetes mellitus (DM) 2. typu a kardiovaskulární onemocnění. Prevence dětské obezity potřebuje vysokou prioritu (WHO 2019). Největším příjmem cukru u dětí jsou slazené nápoje (Obrázek 4).



Obrázek 4 Konzumace cukru u dětí (Fenton & Tedstone 2015)

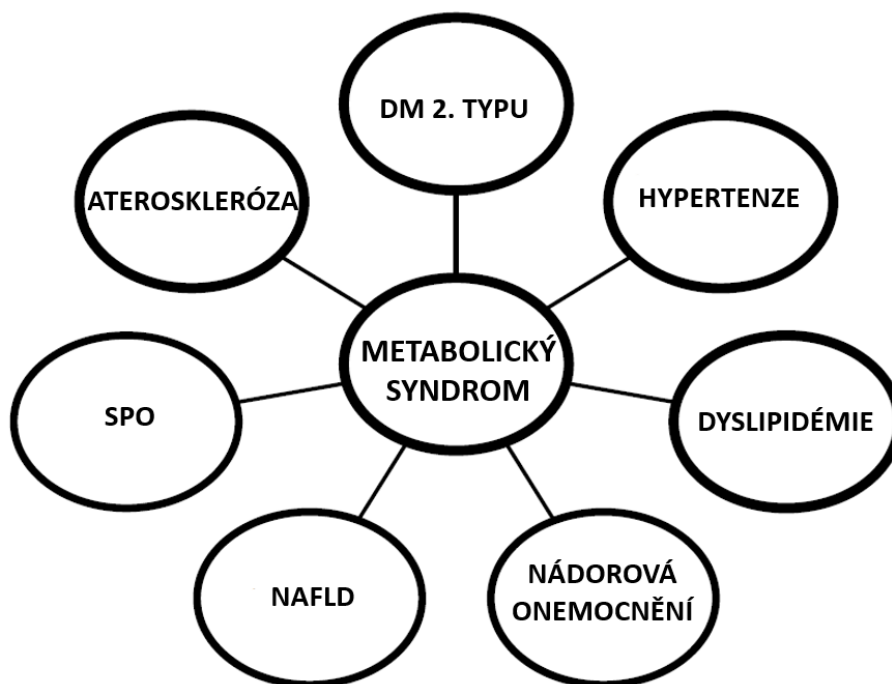
3.3 Komparace medu a cukru

Energetická hodnota bílého cukru je dle Centra pro databázi složení potravin (2016a,b) 1700 kJ, tj. 399 kcal na 100 gramů. Energetická hodnota 100 gramů medu je 1390 kJ neboli 328 kcal. Med se v minulosti využíval nejen jako součást potravy, ale také jako forma medikamentu. Je známý pro své hojivé, protizánětlivé a antimikrobiální účinky uvnitř i mimo vnitřní prostředí organismu.

Dle Bulut & Tüfekci (2016) med pomáhá prevenci a hojení orální mukositivity u dětských pacientů podstupujících chemoterapii v rámci onkologické léčby. Při konzumaci 1 g medu na kilogram hmotnosti pacienta po dobu tří týdnů klesla doba rekonvalescence na jednu pětinu. Hojivé účinky medu byly zkoumány rovněž na pacientech po implantaci kochleárního implantátu. Aplikace TheraHoney gelu, který obsahuje 100 % manukového medu, společně s antibiotiky zajistila úspěšné pooperační uzavření a regeneraci rány. Také bylo zabráněno vypuknutí kožní infekce (Costeloe et al. 2018). Byly zjištěny kladné efekty na stav kostí u žen v postmenopauze. Tualang med působí jako dobrý zdroj antioxidantů, které jsou schopné zbavovat organismus volných radikálů, což vede k redukci funkce osteoklastů v odbourávání kostní tkáně (Effendy et al. 2012). Yaghoobi et al. (2008) zkoumali vliv medu na subjektech, které měly index tělesné hmotnosti (body mass index, BMI) nad 25 kg/m², což značí nadváhu popř. obezitu. Experimentální skupina přijímala 70 gramů medu rozpuštěné v 250 ml vody po dobu 30 dní. Kontrolní skupina konzumovala 70 gramů sacharózy (rozpuštěné v 250 ml vody). Studie ukázala, že u experimentální skupiny došlo k poklesu BMI o 1,14 % a také došlo k významné redukci hladiny glykémie nalačno (o 4,2 %). S konzumací medu došlo také k menší redukci váhy (1,3 %) a tělesného tuku (1,8 %). U experimentální skupiny se snížila hladina celkového cholesterolu (3 %), LDL-cholesterolu (5,8 %), triacylglycerolů (11 %) a C-reaktivního proteinu (3,2 %). Naopak došlo ke zvýšení hodnot HDL-cholesterolu o 3,3 %.

3.3.1 Metabolický syndrom

Metabolický syndrom (MS) je běžné a komplexní onemocnění v rámci kterého se kombinuje abdominální obezita, dyslipidemie, hypertenze a inzulinorezistence (Obrázek 5).



Obrázek 5 Onemocnění asociované s metabolickým syndromem (SPO – syndrom polycystických ovarií; NAFLD – non-alcoholic fatty liver disease, nealkoholové ztučnění jater) (Duvnjak & Duvnjak 2009)

Dle Hůlek & Dresslerová (2015) se MS definuje přítomností minimálně 3 abnormalit z 5 následujících:

- obvod pasu u mužů je vyšší 94 cm a 80 cm u žen,
- hladina sérových triglyceridů přesahuje 1,7 mmol/l,
- hladina sérového vysokodenzitního lipoproteinu (HDL) je pod hodnotu 1,1 mmol/l (u žen pod 1,3 mmol/l),
- krevní tlak dosahuje vyšších hodnot než 130 mm Hg v systole a 85 mm Hg v diastole,
- hladina glykémie nalačno je vyšší než 5,6 mmol/l nebo je již rozvinutý DM 2. typu.

MS je často asociovaný s hyperglykemií, zvýšenou hladinou triacylglycerolů a nízkým HDL cholesterolem. Tyto faktory působí jako predispozice ke zvýšenému riziku vzniku DM

2. typu, kardiovaskulárních onemocnění, hypogonadismu, srdečnímu infarktu, Alzheimerově chorobě nebo depresi (Lakka et al. 2002; Farooqui 2012, 2016). Prevalence MS se liší v různých národech. Zvláště vysoká je ve vyvinutých zemích, kde se snižuje pohybová aktivita lidí a zároveň roste konzumace vysokoenergetických potravin, což vede k vysokému nárůstu obezity (Farooqui 2016). V USA se procento prevalence pohybuje v rozmezí 34–40 %. Se vznikem MS se také spojují faktory životního stylu jako je kouření, nedostatek pohybu, špatné stravovací návyky a nízký socioekonomický status (Ford et al. 2002).

Jednou ze součástí MS je choroba nealkoholového tučnění jater (non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD). S NAFLD bývá spojována jaterní inzulinová rezistence, která následně může vyústit v DM 2. typu. NAFLD začíná 1. stupněm, kdy dochází ke steatóze neboli nealkoholovému ztučnění jater (nonalcoholic fatty liver). Tento stupeň postupně může přecházet do 2. stádia do nealkoholové steatohepatitidy (nonalcoholic steatohepatitis, NASH). Velmi často dochází jen k prvnímu stupni, kdy se hromadí tukové kapénky v játrech (Hůlek & Dresslerová 2015). K akumulaci tuku v játrech může vést jaterní de novo lipogeneze, esterifikace plazmových volných mastných kyselin nebo zvýšený příjem tuků ve stravě. Výchozí látky pro de novo lipogenezi se mohou stát sacharidy, tuky i bílkoviny (Softic et al. 2016). Ve studii Softic et al. (2018) zjistili, že vysokotuková strava má větší metabolické následky než klasická strava. U skupiny jedinců, co konzumovali vysokotukovou stravu a vodu obohacenou o fruktózu, došlo k většímu nárůstu tělesné hmotnosti, glukózové intoleranci a byla narušena inzulinová signalizace oproti skupině, která přijímala glukózu namísto fruktózy. Jaterní steatóza se neléčí, ale léčí se jednotlivé aspekty MS. Nehrozí riziko selhání jater, ale pacienti jsou ohroženi kardiovaskulárními komplikacemi. Ve většině případů pomůže úprava stravy, vyšší pohybová aktivita (Hůlek & Dresslerová 2015) a dle zmíněných studií omezení vyššího příjmu fruktózy, která je větší míře obsažena v cukru.

3.3.2 Diabetes mellitus 2. typu

Diabetes mellitus 2. typu je neléčitelné onemocnění, při kterém dochází k poškození regulace hladiny glukózy v krvi vlivem snížené citlivosti tkání na přítomnost inzulinu. DM 2. typu (non-inzulinodependentní, NIDDM) se vyskytuje častěji než diabetes mellitus 1. typu. Může být vyvolán několika vlivy, avšak největší vliv má životní styl. Hlavním symptomem je zvýšená hladina glykémie, která může být doprovázena intenzivním pocitem žízně nebo hladu, nevysvětlitelnou únavou, častým močením, zhoršením vidění, úbytkem tělesné hmotnosti. Hodnota glykémie by se u zdravých jedinců populace měla pohybovat v rozmezí

3,5–5,5 mmol/l na lačno. U diabetiků se glykémie pohybuje opakovaně nad 7,8 mmol/l. DM 2. typu se vyvíjí v průběhu několika let a jeho symptomy nemusí být zjevné jako u DM 1. typu. Lidé s DM 2. typu většinou trpí nadváhou či obezitou (Farooqui 2016; Bobiș et al. 2018). Diabetes se označuje jako prekursor kardiovaskulární úmrtnosti (Kannel & McGee 2003).

U pacientů trpících DM by strava neměla obsahovat potraviny s vysokým glykemickým indexem (GI). GI vyjadřuje hodnocení sacharidů na základě míry, do které se zvýší hodnota glykémie po konzumaci jídla. Vypočítává se jako průměr hodnoty glykémie za 2 hodiny po příjmu potraviny a glykémie po požití ekvivalentního množství glukózy (popř. bílého chleba). Potraviny s vysokým GI se rychle tráví, absorbují a metabolizují a značně zvyšují hladinu glukózy v krvi. Naopak potraviny s nízkým GI jsou tráveny a vstřebávány pomalu a způsobují menší výkyvy glykémie. Potraviny s vysokým glykemickým indexem mají hodnotu GI nad 71 (The University of Sydney 2017). Glukóza má hodnotu 100, sacharóza 68 a med 55 (Jenkins et al. 1981; Turek et al. 2003). Lidé trpící diabetem by se měli vyvarovat konzumaci potravin s vysokým GI. Bahrami et al. (2009) podávali po dobu 8 týdnů pacientům s DM množství medu úměrné jejich váze a jeho množství v průběhu studie navyšovali. Průměrná váha se snížila o necelé 2 kg a došlo k významnému poklesu nízkodenzitního lipoproteinu (LDL) a naopak nárůstu HDL oproti kontrolní skupině. Podobně Erejuwa et al. (2010) sledovali účinky požívání medu, konkrétně tualang medu. Výsledkem byl pokles hladiny krevní glukózy u diabetických pacientů (Niedowicz & Daleke 2005) a tedy v rámci DM 2. typu působí med příznivěji oproti cukru, avšak ohledně obezity není vhodná nadměrná konzumace jakýchkoli jednoduchých sacharidů.

3.3.3 Kardiovaskulární onemocnění

Kardiovaskulární onemocnění (KVO) jsou spojována s hypercholesterolémií, hypertenzí a DM. Kardiovaskulární poruchy jsou nejčastější příčinou smrti na celém světě. U obezních a diabetických pacientů se vyskytuje vysoké riziko úmrtí na komplikace vzniklé ve spojitosti s KVO. Mezi znaky, které udržují zdravý kardiovaskulární systém, patří normální BMI (18,5 - 25,0 kg/m²) a krevní tlak, normální hladina sérového homocysteinu, C-reaktivního proteinu, lipidů a inzulínu. Normální biologická aktivita vazoaktivních faktorů, oxidu dusnatého a prostaglandinů, je velmi důležitá k prevenci srdečních a cévních onemocnění (Al-Waili et al. 2013).

Hypertenze společně s ischemickou chorobou se řadí mezi nejzávažnější problémy kategorie KVO. Za hypertenzi se považuje dlouhodobě zvýšený krevní tlak, který v systole dosahuje nad hodnotu 140 mm Hg a v diastole 90 mm Hg. Již Hall & Hall (1966) zkoumali vliv sacharidů na krevní tlak. Bylo zjištěno, že příjem 5% roztoku medu zásadně snížil zvýšený krevní tlak na rozdíl od konzumace 5% roztoku sacharózy. Med měl pozitivní vliv na vysoký krevní tlak a HDL (Al-Waili 2003).

3.3.4 Hyperurikémie

Močová kyselina může tvořit soli s kovovými ionty, které se nazývají uráty. V průběhu hyperurikémie se jejich krystaly ukládají kloubech a způsobuje bolestivé záchvaty akutní dny.

Bylo zjištěno, že vyšší příjem fruktózy může mít za následek zvýšenou koncentraci močové kyseliny v séru (Crapo & Kolterman 1984; Reiser et al. 1989). Močová kyselina se tvoří v rámci metabolismu fruktózy (Van den Berghe 1986) nebo fruktóza stimuluje její tvorbu z prekurzorů aminokyselin (Emmerson 1974; Raivio et al. 1975). Hladina močové kyseliny v krvi může vzrůstat z důvodu vysoké tvorby nebo nedostatečného vylučování kyseliny z organismu. Při vysoké koncentraci může močová kyselina tvořit soli s kovovými ionty, které se nazývají uráty. V průběhu hyperurikémie se jejich krystaly ukládají v kloubech a způsobují bolestivé záchvaty akutní dny. Zvyšuje se také riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění (Fang & Alderman 2000). Vysokou konzumací cukru, např. ve formě nápojů slazených cukrem, se zvyšuje riziko hyperurikémie (Bae et al. 2014).

3.3.5 Leptinová rezistence

Leptin je polypeptidický hormon, který má schopnost ovlivňovat energetickou homeostázu a neuronovou funkci centrální nervové soustavy (Li & Li 2016). Leptin se váže na receptor v mozku a aktivuje ho. Díky tomu dochází ke snížení příjmu potravy, zatímco se zvyšuje výdej energie. Jeho hlavní úlohou je reagovat a bránit nadměrné redukci tělesného tuku, která by mohla záporně ovlivnit přežití a rozmnožování jedince (Myers et al. 2010). Koncentrace leptinu v séru koreluje s procentem tělesného tuku. Velmi obézní lidé nejsou dostatečně senzitivní na endogenní produkci leptinu (Considine et al. 1996). Studie na hlodavcích dlouhodobě krmených fruktózou prokázala zvýšenou hladinu leptinu, což může indikovat vznik leptinové rezistence (Roglans et al. 2007). Mechanismy zodpovídající za leptinovou rezistenci jsou multifaktoriální a komplikované. Poškození transportu leptinu

(Banks et al. 1999), oslabení leptinové signalizace (White et al. 2009), stres endoplazmatického retikula (Ozcan et al. 2009), deficiencie autofagie (Meng & Cai 2011) a zánět jsou nejběžnější předkládanými důvody vzniku leptinové rezistence související s obezitou (Li & Li 2016).

3.3.6 Zubní kazy

Zubní kazy vznikají aktivitou bakterií na povrchu zubů, které za vzniku kyselin rozkládají sacharidy přijaté stravou. Zubní kazy ohrožují jedince již od dětského věku. Spojitost mezi zubními kazy a konzumací volných sacharidů byla evidentní u skupiny dětí, které si čistily zuby méně jak 2x denně. Na vznik zubních kazů má vliv také frekvence příjmu cukrovinek (Gibson & Williams 2003). Kombinace příjmu cukrovinek více než 1x týdně v kombinaci s viditelným plakem ve 3 letech může predikovat dentální zdraví o 3 roky později (Karjalainen et al. 2008). Příjem volných sacharidů do 10 % z celkového příjmu energie značně snižuje výskyt zubních kazů (Ruottinen et al. 2004; Karjalainen et al. 2008).

Vliv medu na stav chrupu se stal také zkoumaným subjektem. Atwa et al. (2014) zjistili, že po konzumaci medu nedochází k poklesu pH v ústech pod hodnotu 5,5, která představuje riziko kritické dekalifikace. Zároveň u skupiny, která konzumovala med, došlo ke snížení počtu bakterií a med značně inhiboval růst všech pozorovaných kmenů v porovnání s pozorovanou inhibicí u antibiotik. Bowen & Lawrence (2005) zkoumali kariogenní potenciál coly, sacharózy, medu, mateřského a kravského mléka. Cola, sacharóza a med prokázali podobně vysoký kariogenní potenciál. Nejnižší kariogenicitu vykazovala konzumace kravského mléka.

3.3.7 Kojenecký botulismus

Med bývá spojován s výskytem kojeneckého botulismu. Doporučení udávají, že děti do 1 roku věku by neměly konzumovat med, protože se podrobují vysokému riziku vzniku tohoto onemocnění. Kojenecký botulismus je nejběžněji vyskytovaná forma botulismu. Spolkuté spory *Clostridium botulinum* se množí a produkují botulotoxin v trávicím traktu novorozenců a kojenců. Pokud se nemoc neléčí, může mít fatální následky (Tanzi & Gabay 2002; Al-Waili et al. 2012). Případy kojeneckého botulismu byly zaznamenány jak v Evropě (Fencia et al. 1993; King et al. 2010), tak v USA (Midura 1996). Od roku 1976 bylo nahlášeno přes 1000 případů kojeneckého botulismu po celém světě, především v Severní Americe. V roce 1991 hospitalizovali 9-týdenní dívka, jejíž případ začal průjmem, obtížemi

s polykáním, slabým pláčem a letargií. Po dobu 1 měsíce po porodu byla kojena a následně byla krmena kojeneckým mlékem. Mat rodiče používali pro oslazení dudlíku. Vyšetření ukázalo stagnující reakci zornic, absenci pohledu směrem nahoru a reflexu, snížené reflexy hlubokých šlach. Elektromyografie prokázala poruchu neuromuskulárního přenosu, která již dříve byla připisována kojeneckému botulismu (Fenicia et al. 1993).

4 Závěr

Med je širokou veřejností považován za velmi zdravou potravinu, která má blahodárné účinky. Jeho zdraví prospěšná schopnost ale nespočívá ve vysokém obsahu vitamínů a minerálních látek, protože med rozhodně nepatří mezi potraviny, které by mohly suplementovat jejich příjem. Například pro splnění doporučené denní dávky vitamínu B₃, který je v medu nejhojněji obsažen, bychom museli přijmout minimálně několik set gramů. Pro suplementaci denní dávky vitamínu C bychom museli přijmout minimálně 40 kilogramů medu. Z tohoto je patrné, že med není potravina bohatá na vitaminy. Většinu sušiny tvoří sacharidy, které při vyšší konzumaci mohou vést k nadváze či obezitě a predikovat výskyt civilizačních chorob, např. metabolického syndromu. Jako benefit konzumace medu může být obsah fenolických sloučenin, které zajišťují jeho antioxidační vlastnosti.

Dle studií je konzumace cukru a celkově volných sacharidů spojována s rizikem vzniku obezity a od toho odvíjejících se nemocí. Med v několika případech ukázal opačný vliv než byl zpozorován u cukru. U pacientů trpících hypertenzí konzumace medu měla za následek pokles krevního tlaku. Většina onemocnění je také spojována s neúměrně vysokým příjmem fruktózy, která v rámci sacharózy tvoří 50 % a u medu se její obsah pohybuje přes 30 %. Je teda zřejmé, že jí zkonzumujeme více v sacharóze nejen z důvodu vyššího zastoupení, ale i díky celkově vyšší spotřebě cukru.

Zmíněné studie ukazují, že med je zdravější pro náš organismus. Avšak konzumace medu s sebou nese ale i svá rizika. Jedná se především o kojenecký botulismus, který postihuje děti do 1 roku, pro dospělé nepředstavuje větší riziko. Nadměrná konzumace medu je ale nežádoucí, protože díky jeho zvýšenému příjmu může hrozit vznik obezity a riziko onemocnění, které se pojí s obezitou.

5 Seznam použité literatury

- Al-Nagdy S, Miller DS, Yudkin J. 1970. Changes in Body Composition and Metabolism Induced by Sucrose in the Rat. *Annals of Nutrition and Metabolism* **12**:193–219. Available from <https://www.karger.com/DOI/10.1159/000175293>.
- Al-Waili N. 2003. Intrapulmonary administration of natural honey solution, hyperosmolar dextrose or hypoosmolar distill water to normal individuals and to patients with type-2 diabetes mellitus or hypertension: their effects on blood glucose level, plasma insulin and C-pep. *European journal of medical research* **8**:295–303. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12911866>.
- Al-Waili N, Salom K, Al-Ghamdi A, Ansari MJ. 2012. Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: Human health hazards. *The Scientific World Journal* **2012**:1–9.
- Al-Waili N, Salom K, Al-Ghamdi A, Ansari MJ, Al-Waili A, Al-Waili T. 2013. Honey and Cardiovascular Risk Factors, in Normal Individuals and in Patients with Diabetes Mellitus or Dyslipidemia. *Journal of Medicinal Food* **16**:1063–1078.
- Alizadeh M, Khodaei H, Mesgari Abbasi M, Saleh-Ghadimi S. 2017. Assessing the effect of 5-hydroxymethylfurfural on selected components of immune responses in mice immunised with ovalbumin. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **97**:3979–3984. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.8261>.
- Alvarez-Suarez JM, Tulipani S, Romandini S, Bertoli E, Battino M. 2010. Contribution of honey in nutrition and human health: A review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* **3**:15–23.
- Amiot M, Aubert S, Gonnet M, Tacchini M. 1989. The phenolic compounds in honeys: preliminary study upon identification and family quantification. *Apidologie* **20**:115–125.
- Ananias KR, Melo AAM de, Moura CJ de. 2013. Analysis of moisture content, acidity and contamination by yeast and molds in *Apis mellifera* L. honey from central Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* **44**:679–683. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822013000300003&nrm=iso.

- Andrade P, Ferreres F, Gil MI, Tomás-Barberán FA. 1997. Determination of phenolic compounds in honeys with different floral origin by capillary zone electrophoresis. *Food Chemistry* **60**:79–84.
- Anklam E. 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry* **63**:549–562.
- Archer MC, Bruce WR, Chan CC, Corpet DE, Medline A, Roncucci L, Stamp D, Zhang XM. 1992. Aberrant crypt foci and microadenoma as markers for colon cancer. *Environmental Health Perspectives* **98**:195–197. Available from <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.9298195>.
- Ariefdjohan MW, Martin BR, Lachcik PJ, Weaver CM. 2008. Acute and Chronic Effects of Honey and Its Carbohydrate Constituents on Calcium Absorption in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**:2649–2654. Available from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf073357w>.
- Atwa A-DA, AbuShahba RY, Mostafa M, Hashem MI. 2014. Effect of honey in preventing gingivitis and dental caries in patients undergoing orthodontic treatment. *The Saudi Dental Journal* **26**:108–114. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1013905214000327>.
- Azeredo LDC, Azeredo MAA, De Souza SR, Dutra VML. 2003. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry* **80**:249–254.
- Bae J, Chun B-Y, Park PS, Choi BY, Kim MK, Shin M-H, Lee Y-H, Shin DH, Kim S-K. 2014. Higher consumption of sugar-sweetened soft drinks increases the risk of hyperuricemia in Korean population: The Korean Multi-Rural Communities Cohort Study. *Seminars in Arthritis and Rheumatism* **43**:654–661. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004901721300214X>.
- Bahrami M, Ataie-Jafari A, Hosseini S, Foruzanfar MH, Rahmani M, Pajouhi M. 2009. Effects of natural honey consumption in diabetic patients: an 8-week randomized clinical trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **60**:618–626. Available from <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/09637480801990389>.

- Bailey LB. 2000. New standard for dietary folate intake in pregnant women. *The American Journal of Clinical Nutrition* **71**:1304–1307. Available from <https://academic.oup.com/ajcn/article/71/5/1304S/4729448>.
- Bakhiya N, Monien B, Frank H, Seidel A, Glatt H. 2009. Renal organic anion transporters OAT1 and OAT3 mediate the cellular accumulation of 5-sulphoxymethylfurfural, a reactive, nephrotoxic metabolite of the Maillard product 5-hydroxymethylfurfural. *Biochemical Pharmacology* **78**:414–419. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006295209003025>.
- Banks WA, DiPalma CR, Farrell CL. 1999. Impaired transport of leptin across the blood-brain barrier in obesity. *Peptides* **20**:1341–1345. Available from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196978199001394>.
- Bauer-Marinovic M, Taugner F, Florian S, Glatt H. 2012. Toxicity studies with 5-hydroxymethylfurfural and its metabolite 5-sulphoxymethylfurfural in wild-type mice and transgenic mice expressing human sulphotransferases 1A1 and 1A2. *Archives of Toxicology* **86**:701–711. Available from <https://doi.org/10.1007/s00204-012-0807-5>.
- Bobiş O, Dezmirean DS, Moise AR. 2018. Honey and Diabetes: The Importance of Natural Simple Sugars in Diet for Preventing and Treating Different Type of Diabetes. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* **2018**:1–12.
- Bogdanov S. 1997. *Harmonised Methods of the International Honey Commission*.
- Bogdanov S. 2016. Honey as Nutrient and Functional Food. Pages 1–47 *Book of Honey*. Available from <https://www.researchgate.net/publication/304011789>.
- Bogdanov S, Haldimann M, Luginbühl W, Gallmann P. 2007. Minerals in honey: Environmental, geographical and botanical aspects. *Journal of Apicultural Research* **46**:269–275.
- Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, Gallmann P. 2008. Honey for nutrition and health: A review. *Journal of the American College of Nutrition* **27**:677–689.
- Bowen WH, Lawrence RA. 2005. Comparison of the Cariogenicity of Cola, Honey, Cow Milk, Human Milk, and Sucrose. *Pediatrics* **116**:921–926.

- Bradbear N. 2009. Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products.
- Brown LM, Blair A, Gibson R, Everett GD, Cantor KP, Schuman LM, Burmeister LF, Van Lier SF, Dick F. 1990. Pesticide Exposures and Other Agricultural Risk Factors for Leukemia among Men in Iowa and Minnesota. *Cancer Research* **50**:6585–6591. Available from <http://cancerres.aacrjournals.org/content/50/20/6585.abstract>.
- Bruce WR, Archer MC, Corpet DE, Medline A, Minkin S, Stamp D, Yin Y, Zhang X-M. 1993. Diet, aberrant crypt foci and colorectal cancer. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **290**:111–118. Available from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002751079390038H>.
- Bulut HK, Tüfekci FG. 2016. Honey prevents oral mucositis in children undergoing chemotherapy: A quasi-experimental study with a control group. *Complementary Therapies in Medicine* **29**:132–140. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctim.2016.09.018>.
- Burckhardt BC, Burckhardt G. 2003. Transport of organic anions across the basolateral membrane of proximal tubule cells. Pages 95–158 *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. Available from <https://doi.org/10.1007/s10254-002-0003-8>.
- Cavia MM, Fernández-Muio MA, Gómez-Alonso E, Montes-Pérez MJ, Huidobro JF, Sancho MT. 2002. Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. *Food Chemistry* **78**:157–161.
- Centrum pro databázi složení potravin. 2016a. Cukr řepný, bílý. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha. Available from <https://www.nutridatabaze.cz/potraviny/?id=190> (accessed March 2019).
- Centrum pro databázi složení potravin. 2016b. Med včelí. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha. Available from <https://www.nutridatabaze.cz/potraviny/?id=192> (accessed March 2019)
- Chen M, Bergman RN, Pacini G, Porte D. 1985. Pathogenesis of Age-Related Glucose Intolerance in Man: Insulin Resistance and Decreased β -Cell Function. *The Journal of*

- Clinical Endocrinology & Metabolism **60**:13–20. Available from <https://doi.org/10.1210/jcem-60-1-13>.
- Ciulu M, Solinas S, Floris I, Panzanelli A, Pilo MI, Piu PC, Spano N, Sanna G. 2011. RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta* **83**:924–929. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2010.10.059>.
- Codex Alimentarius. 1987. Revised Codex Standard For Honey Codex Stan 12-1981. Rev. 1. 1-7.
- Considine R V et al. 1996. Serum Immunoreactive-Leptin Concentrations in Normal-Weight and Obese Humans. *New England Journal of Medicine* **334**:292–295. Available from <https://doi.org/10.1056/NEJM199602013340503>.
- Conti ME. 2000. Lazio region (Central Italy) honeys: A survey of mineral content and typical quality parameters. *Food Control* **11**:459–463.
- Conti ME, Canepari S, Finoia MG, Mele G, Astolfi ML. 2018. Characterization of Italian multifloral honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Journal of Food Composition and Analysis* **74**:102–113. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.002>.
- Costeloe A, Vandjelovic ND, Evans MA, Saraiya SS. 2018. The use of honey in cochlear implant associated wounds in pediatric patients. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* **111**:80–83. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165587618302301>.
- Crapo PA, Kolterman OG. 1984. The metabolic effects of 2-week fructose feeding in normal subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition* **39**:525–534. Available from <https://academic.oup.com/ajcn/article/39/4/525/4691162>.
- Český statistický úřad. 2018. V českých jídelničních přibývá medu. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/v-ceskych-jidelniccich-pribyva-medu> (accessed December 2018)
- Český svaz včelařů, z. s. 2018. Český svaz včelařů – informace. Available from <http://www.vcelarstvi.cz/cesky-svaz-vcelaru-informace/> (accessed December 2018)

- da Silva VL, Cerqueira MRF, Lowinsohn D, Matos MAC, Matos RC. 2012. Amperometric detection of ascorbic acid in honey using ascorbate oxidase immobilised on amberlite IRA-743. *Food Chemistry* **133**:1050–1054. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814612001021>.
- Davis EA. 1995. Functionality of sugars: Physicochemical interactions in foods. *American Journal of Clinical Nutrition* **62**:170–177.
- De-Melo AAM, Almeida-Muradian LB de, Sancho MT, Pascual-Maté A. 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research* **57**:5–37. Taylor & Francis. Available from <http://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>.
- Del Campo G, Zuriarrain J, Zuriarrain A, Berregi I. 2016. Quantitative determination of carboxylic acids, amino acids, carbohydrates, ethanol and hydroxymethylfurfural in honey by ¹H NMR. *Food Chemistry* **196**:1031–1039. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.036>.
- Duvnjak L, Duvnjak M. 2009. The metabolic syndrome - an ongoing story. *Journal of physiology and pharmacology* **60**:19–24.
- Effendy NM, Mohamed N, Muhammad N, Mohamad IN, Shuid AN. 2012. The effects of Tualang honey on bone metabolism of postmenopausal women. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* **2012**:7.
- Emmerson BT. 1974. Effect of oral fructose on urate production. *Annals of the rheumatic diseases* **33**:276–280. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4843132>.
- Erejuwa OO, Sulaiman SA, Wahab MS, Sirajudeen KNS, Salleh MSM, Gurtu S. 2010. Antioxidant protection of Malaysian tualang honey in pancreas of normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Annales d'Endocrinologie* **71**:291–296. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003426610000636>.
- Escuredo O, Dobre I, Fernández-González M, Seijo MC. 2014. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry* **149**:84–90. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097>.

- Falck F, Ricci A, Wolff MS, Godbold J, Deckers P. 1992. Pesticides and polychlorinated biphenyl residues in human breast lipids and their relation to breast cancer. *Archives of environmental health* **47**:143–146. Available from <http://europepmc.org/abstract/MED/1567239>.
- Fang J, Alderman MH. 2000. Serum Uric Acid and Cardiovascular Mortality. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* **283**:2404–2410. Available from <https://doi.org/10.1001/jama.283.18.2404>.
- Farooqui AA. 2012. *Phytochemicals, Signal Transduction and Neurological Disorders*. Springer New York. Available from <https://books.google.cz/books?id=QAYdjZ9vjXsC>.
- Farooqui AA. 2016. *Metabolic syndrome*. Springer. Available from <https://www.nhs.uk/conditions/metabolic-syndrome/>.
- Fenicia L, Ferrini AM, Aureli P, Pocecco M. 1993. A case of infant botulism associated with honey feeding in Italy. *European Journal of Epidemiology* **9**:671–673. Available from <http://link.springer.com/10.1007/BF00211445>.
- Fenton K, Testone A. 2015. Expert interview: New sugar recommendations. Available from <https://publichealthmatters.blog.gov.uk/2015/07/17/expert-interview-new-sugar-recommendations/> (accessed February 2019).
- Ferrali M, Signorini C, Caciotti B, Sugherini L, Ciccoli L, Giachetti D, Comporti M. 1997. Protection against oxidative damage of erythrocyte membrane by the flavonoid quercetin and its relation to iron chelating activity. *FEBS Letters* **416**:123–129. Available from <http://doi.wiley.com/10.1016/S0014-5793%2897%2901182-4>.
- Florin I, Rutberg L, Curvall M, Enzell CR. 1980. Screening of tobacco smoke constituents for mutagenicity using the Ames' test. *Toxicology* **15**:219–232. Available from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0300483X80900554>.
- Ford ES, Giles WH, Dietz WH. 2002. Prevalence of the Metabolic Syndrome Among US Adults. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* **287**:356–359. Available from <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.287.3.356>.
- Fournier P, Dupuis Y. 1975. Modulation of intestinal absorption of calcium. *Journal de*

- physiologie **70**:479–91. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1221112>.
- Frei B. 1991. Ascorbic acid protects lipids in human plasma and low-density lipoprotein against oxidative damage. *The American Journal of Clinical Nutrition* **54**:1113–1118. Available from <https://academic.oup.com/ajcn/article/54/6/1113S/4715261>.
- Fresco P, Borges F, Diniz C, Marques MPM. 2006. New insights on the anticancer properties of dietary polyphenols. *Medicinal Research Reviews* **26**:747–766. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/med.20060>.
- Garabrant DH, Held J, Langholz B, Peters JM, Mack TM. 1992. DDT and Related Compounds and Risk of Pancreatic Cancer. *JNCI Journal of the National Cancer Institute* **84**:764–771. Available from <https://academic.oup.com/jnci/article-lookup/doi/10.1093/jnci/84.10.764>.
- Geleijnse JM, Launer LJ, Hofman A, Pols HAP, Witteman JCM. 1999. Tea Flavonoids May Protect Against Atherosclerosis: The Rotterdam Study. *Archives of Internal Medicine* **159**:2170–2174. Available from <https://doi.org/10.1001/archinte.159.18.2170>.
- Gibson S, Williams S. 2003. Dental Caries in Pre-School Children: Associations with Social Class, Toothbrushing Habit and Consumption of Sugars and Sugar-Containing Foods. *Caries Research* **33**:101–113.
- Gong Z, Muzumdar RH. 2012. Pancreatic Function, Type 2 Diabetes, and Metabolism in Aging. *International Journal of Endocrinology* **2012**:1–13. Available from <http://www.hindawi.com/journals/ije/2012/320482/>.
- Hall CE, Hall O. 1966. Comparative Ability of Certain Sugars and Honey to Enhance Saline Polydipsia and Salt Hypertension. *Experimental Biology and Medicine* **122**:362–365. Available from <http://ebm.sagepub.com/lookup/doi/10.3181/00379727-122-31135>.
- He FJ, MacGregor GA. 2008. Beneficial effects of potassium on human health. *Physiologia Plantarum* **133**:725–735.
- Hegyí J, Schwartz RA, Hegyí V. 2004. Pellagra: Dermatitis, dementia, and diarrhea. *International Journal of Dermatology* **43**:1–5. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-4632.2004.01959.x>.

- Hertog MG., Feskens EJ., Kromhout D, Hertog MG., Hollman PC., Hertog MG., Katan M. 1993a. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *The Lancet* **342**:1007–1011. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/014067369392876U>.
- Hertog MGL, Hollman PCH, van de Putte B. 1993b. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **41**:1242–1246. American Chemical Society. Available from <https://doi.org/10.1021/jf00032a015>.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2002. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids, National Academies Press, Washington, DC.
- Hůlek P, Dresslerová I. 2015. Nealkoholové ztučnění jater v klinické praxi (NAFL). *Internal Medicine for Practice* **17**:224–226. Available from <https://www.internimedicina.cz/artkey/int-201505-0003.php>.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff D V. 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition* **34**:362–366. Available from <https://academic.oup.com/ajcn/article/34/3/362/4692881>.
- Jensen T et al. 2018. Fructose and sugar: A major mediator of non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology* **68**:1063–1075. European Association for the Study of the Liver. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2018.01.019>.
- Kannel WB, McGee DL. 2003. Diabetes and cardiovascular disease: The Framingham study. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* **241**:2035–2038.
- Karjalainen S, Söderling E, Sewón L, Lapinleimu H, Simell O. 2008. A prospective study on sucrose consumption, visible plaque and caries in children from 3 to 6 years of age. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* **29**:136–142. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0528.2001.290208.x>.
- Kataoka S, Liu W, Albright K, Storkson J, Pariza M. 1997. Inhibition of benzo[a]pyrene-induced mouse forestomach neoplasia and reduction of H₂O₂ concentration in human

- polymorphonuclear leucocytes by flavour components of japanese-style fermented soy sauce. *Food and Chemical Toxicology* **35**:449–457. Available from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691597000094>.
- Kenjerić D, Mandić M, Primorac L, Bubalo D, Perl A. 2007. Flavonoid profile of Robinia honeys produced in Croatia. *Food Chemistry* **102**:683–690. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606004456>.
- King L-A, Popoff M-R, Mazuet C, Espié E, Vaillant V, de Valk H. 2010. Le botulisme infantile en France, 1991–2009. *Archives de Pédiatrie* **17**:1288–1292. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929693X10002551>.
- Knekt P, Järvinen R, Seppänen R, Heliövaara M, Teppo L, Pukkala E, Aromaa A. 1997. Dietary Flavonoids and the Risk of Lung Cancer and Other Malignant Neoplasms. *American Journal of Epidemiology* **146**:223–230. Available from <https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/oxfordjournals.aje.a009257>.
- Lakka H-M, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, Salonen JT. 2002. The Metabolic Syndrome and Total and Cardiovascular Disease Mortality in Middle-aged Men. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* **288**:2709–2716. Available from <https://doi.org/10.1001/jama.288.21.2709>.
- Lanham-New S, Roche HM, Macdonald I. 2011. *Nutrition and metabolism*, 2nd ed. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Laube H, Klör HU, Fussgänger R, Pfeiffer EF. 1973. The Effect of Starch, Sucrose, Glucose and Fructose on Lipid Metabolism in Rats. *Annals of Nutrition and Metabolism* **15**:273–280. Available from <https://www.karger.com/DOI/10.1159/000175450>.
- Lee YC, Shlyankevich M, Jeong HK, Douglas JS, Surh YJ. 1995. Bioactivation of 5-Hydroxymethyl-2-Furaldehyde to an Electrophilic and Mutagenic Allylic Sulfuric Acid Ester. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **209**:996–1002. Available from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006291X85715963>.
- Li S, Li X. 2016. Leptin in normal physiology and leptin resistance. *Science Bulletin* **61**:1480–1488.

- Macdonald I. 1966. Influence of Fructose and Glucose on Serum Lipid Levels in Men and Pre- and Postmenopausal Women. *The American Journal of Clinical Nutrition* **18**:369–372. Available from <https://academic.oup.com/ajcn/article/18/5/369/4787520>.
- Maridonneau-Parini I, Braquet P, Garay RP. 1986. Heterogenous effect of flavonoids on K⁺ loss and lipid peroxidation induced by oxygen-free radicals in human red cells. *Pharmacological Research Communications* **18**:61–72. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0031698986901591>.
- Marriott BP, Cole N, Lee E. 2009. National Estimates of Dietary Fructose Intake Increased from 1977 to 2004 in the United States. *The Journal of Nutrition* **139**:1228S–1235S. Available from <https://academic.oup.com/jn/article/139/6/1228S/4670461>.
- Mendola P, Buck GM, Vena JE, Zielezny M, Sever LE. 1995. Consumption of PCB-contaminated sport fish and risk of spontaneous fetal death. *Environmental Health Perspectives* **103**:498–502.
- Meng Q, Cai D. 2011. Defective Hypothalamic Autophagy Directs the Central Pathogenesis of Obesity via the I κ B Kinase β (IKK β)/NF- κ B Pathway. *Journal of Biological Chemistry* **286**:32324–32332. Available from <http://www.jbc.org/lookup/doi/10.1074/jbc.M111.254417>.
- Midura TF. 1996. Update: infant botulism. *Clinical Microbiology Reviews* **9**:119–125.
- Ministerstvo zdravotnictví. 2009. Vyhláška č. 352 ze dne 29. září 2009, kterou se mění vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. Pages 4910-4911 in *Sbírka zákonů České republiky, 2009, částka 110*. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2003. Vyhláška č. 76 ze dne 6. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. Pages 2470-2487 in *Sbírka zákonů České republiky, 2003, částka 32*. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2015. Vyhláška č. 148 ze dne 19. června 2015, kterou se mění vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony, ve

znění vyhlášky č. 45/2005 Sb. Pages 1917-1918 in Sbíрка zákonů České republiky, 2015, částka 61. Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 2018. Statistika komodity cukr – cukrová řepa v České republice. eAGRI. Available from <http://eagri.cz/public/web/file/611774/CzechsugarstatisticsCZ10122018.pdf> (accessed April 2019)

Ministerstvo zemědělství. 2019. Mastné kyseliny s krátkým řetězcem. Informační centrum bezpečnosti potravin, Praha. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92378.aspx> (accessed February 2019)

Morales FJ. 2008. Hydroxymethylfurfural (HMF) and Related Compounds. Pages 135–174 Process-Induced Food Toxicants. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470430101.ch2e>.

Moreira RFA, De Maria CAB, Pietroluongo M, Trugo LC. 2010. Chemical changes in the volatile fractions of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. *Food Chemistry* **121**:697–704.

Myers MG, Leibel RL, Seeley RJ, Schwartz MW. 2010. Obesity and leptin resistance: Distinguishing cause from effect. *Trends in Endocrinology and Metabolism* **21**:643–651. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.tem.2010.08.002>.

Nakano H, Sakaguchi G. 1991. An unusually heavy contamination of honey products by *Clostridium botulinum* type F and *Bacillus alvei*. *FEMS Microb. Letters*, nicht bekannt **79**:171–178.

Niedowicz DM, Daleke DL. 2005. The Role of Oxidative Stress in Diabetic Complications. *Cell Biochemistry and Biophysics* **43**:289–330. Available from <http://link.springer.com/10.1385/CBB:43:2:289>.

Nishi Y, Miyakawa Y, Kato K. 1989. Chromosome aberrations induced by pyrolysates of carbohydrates in Chinese hamster V79 cells. *Mutation Research Letters* **227**:117–123. Available from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0165799289900079>.

Oddo LP, Piana L. 2004. Main European unifloral honeys. *Apidologie* **35**:38–81.

- Oroian M. 2012. Physicochemical and Rheological Properties of Romanian honeys. *Food Biophysics* **7**:296–307. Available from <http://link.springer.com/10.1007/s11483-012-9268-x>.
- Oroian M, Sorina R. 2017. Honey authentication based on physicochemical parameters and phenolic compounds. *Computers and Electronics in Agriculture* **138**:148–156. Elsevier B.V. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.020>.
- Ozcan L, Ergin AS, Lu A, Chung J, Sarkar S, Nie D, Myers MG, Ozcan U. 2009. Endoplasmic Reticulum Stress Plays a Central Role in Development of Leptin Resistance. *Cell Metabolism* **9**:35–51. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1550413108003896>.
- Paulsen JE, Løberg EM, Ølstørn HB, Knutsen H, Steffensen I-L, Alexander J. 2005. Flat Dysplastic Aberrant Crypt Foci Are Related to Tumorigenesis in the Colon of Azoxymethane-Treated Rat. *Cancer Research* **65**:121–129. Available from <http://cancerres.aacrjournals.org/content/65/1/121.abstract>.
- Pita-Calvo C, Vázquez M. 2017. Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science and Technology* **59**:79–87.
- Piva A, Biagi G, Roth FX, Vezzali E, Moschini M. 2016. Effect of gluconic acid on piglet growth performance, intestinal microflora, and intestinal wall morphology¹. *Journal of Animal Science* **84**:370–378.
- Preston SL, Leedham SJ, Oukrif D, Deheregoda M, Goodlad RA, Poulson R, Alison MR, Wright NA, Novelli M. 2008. The development of duodenal microadenomas in FAP patients: the human correlate of the Min mouse. *The Journal of Pathology* **214**:294–301. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/path.2294>.
- Raivio KO, Becker MA, Meyer LJ, Greene ML, Nuki G, Seegmiller JE. 1975. Stimulation of human purine synthesis de novo by fructose infusion. *Metabolism* **24**:861–869. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002604957590133X>.
- Ramachandran S, Fontanille P, Pandey A, Larroche C. 2006. Gluconic acid: Properties, applications and microbial production. *Food Technology & Biotechnology* **44**:2.

- Referenční hodnoty pro příjem živin. 2011. Společnost pro výživu, Praha.
- Reiser S, Powell AS, Scholfield DJ, Panda P, Ellwood KC, Canary JJ. 1989. Blood lipids, lipoproteins, apoproteins, and uric acid in men fed diets containing fructose or high-amylose cornstarch. *The American Journal of Clinical Nutrition* **49**:832–839. Available from <https://academic.oup.com/ajcn/article/49/5/832/4651835>.
- Rogan WJ, Gladen BC. 1992. Neurotoxicology of PCBs and related compounds. *Neurotoxicology* **13**:27—35. Available from <http://europepmc.org/abstract/MED/1508429>.
- Roglans N, Vilà L, Farré M, Alegret M, Sánchez RM, Vázquez-Carrera M, Laguna JC. 2007. Impairment of hepatic Stat-3 activation and reduction of PPAR α activity in fructose-fed rats. *Hepatology* **45**:778–788. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/hep.21499>.
- Roig-Sagués AX, Gervilla R, Pixner S, Terán-Peñañiel T, Hernández-Herrero MM. 2018. Bactericidal effect of ultraviolet-C treatments applied to honey. *LWT - Food Science and Technology* **89**:566–571.
- Rose R. 1989. The Ascorbate Redox Potential of Tissues: A Determinant or Indicator of Disease? *Physiology* **4**:190–195. Available from <http://www.physiology.org/doi/10.1152/physiologyonline.1989.4.5.190>.
- Ruottinen S, Karjalainen S, Pienihäkkinen K, Lagström H, Niinikoski H, Salminen M, Rönnemaa T, Simell O. 2004. Sucrose Intake since Infancy and Dental Health in 10-Year-Old Children. *Caries Research* **38**:142–148. Available from <https://www.karger.com/Article/FullText/75938>.
- Rybak-Chmielewska H. 2007. Changes in the Carbohydrate Composition of Honey Undergoing During Storage. *Journal of Apicultural Science* **51**:39–47.
- Sanz ML, Polemis N, Morales V, Corzo N, Drakoularakou A, Gibson GR, Rastall RA. 2005. In Vitro Investigation into the Potential Prebiotic Activity of Honey Oligosaccharides. *Journal of agricultural and food chemistry* **53**:2914–2921.
- Schmidt JO. 1997. Bee Products. Pages 15–26 *Bee Products*. Springer US, Boston, MA. Available from http://link.springer.com/10.1007/978-1-4757-9371-0_2.

- Shapiro A, Mu W, Roncal C, Cheng K-Y, Johnson RJ, Scarpace PJ. 2008. Fructose-induced leptin resistance exacerbates weight gain in response to subsequent high-fat feeding. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **295**:1370–1375. Available from <http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpregu.00195.2008>.
- Shapla UM, Solayman M, Alam N, Khalil MI, Gan SH. 2018. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* **12**:1–18. Springer International Publishing. Available from <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3>.
- Siess M-H, Le Bon A-M, Canivenc-Lavier M-C, Amiot M-J, Sabatier S, Aubert SY, Suschetet M. 1996. Flavonoids of Honey and Propolis: Characterization and Effects on Hepatic Drug-Metabolizing Enzymes and Benzo[a]pyrene–DNA Binding in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **44**:2297–2301. American Chemical Society. Available from <https://doi.org/10.1021/jf9504733>.
- Singer RS, Finch R, Wegener HC, Bywater R, Walters J, Lipsitch M. 2003. Antibiotic resistance—the interplay between antibiotic use in animals and human beings. *The Lancet Infectious Diseases* **3**:47–51. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1473309903004900>.
- Softic S et al. 2018. Divergent effects of glucose and fructose on hepatic lipogenesis and insulin signaling. *Journal of Clinical Investigation* **128**:1199–1199.
- Softic S, Cohen DE, Kahn CR. 2016. Role of Dietary Fructose and Hepatic De Novo Lipogenesis in Fatty Liver Disease. *Digestive Diseases and Sciences* **61**:1282–1293. Available from <https://doi.org/10.1007/s10620-016-4054-0>.
- Solayman M, Islam MA, Paul S, Ali Y, Khalil MI, Alam N, Gan SH. 2016. Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **15**:219–233.

- Statista. 2018. Sugar production worldwide in 2017/2018, by leading country. Available from <https://www.statista.com/statistics/495973/sugar-production-worldwide/> (accessed December 2018)
- Tanzi MG, Gabay MP. 2002. Association Between Honey Consumption and Infant Botulism. *Pharmacotherapy* **22**:1479–1483. Available from <http://doi.wiley.com/10.1592/phco.22.16.1479.33696>.
- Turek B, Ježková D, Procházková R. 2003. Glykemický index. Available from http://www.szu.cz/uploads/documents/czsp/edice/plne_znani/glykemie.pdf.
- The University of Sydney. 2017. About glycemic index. Available from <http://www.glycemicindex.com/about.php> (accessed March 2019)
- Van den Berghe G. 1986. Fructose: metabolism and short-term effects on carbohydrate and purine metabolic pathways. *Progress in biochemical pharmacology* **21**:1–32. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3523498>.
- Wang M-Y et al. 2010. Investigation on the morphological protective effect of 5-hydroxymethylfurfural extracted from wine-processed *Fructus corni* on human L02 hepatocytes. *Journal of Ethnopharmacology* **130**:424–428. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874110003442>.
- Weber P, Bendich A, Schalch W. 1996. Vitamin C and human health - a review of recent data relevant to human requirements. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition* **66**:19–30. Available from <http://europepmc.org/abstract/MED/8698541>.
- White CL, Whittington A, Barnes MJ, Wang Z, Bray GA, Morrison CD. 2009. HF diets increase hypothalamic PTP1B and induce leptin resistance through both leptin-dependent and -independent mechanisms. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* **296**:291–299. Available from <http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpendo.90513.2008>.
- White, JW. 1975. Composition of honey. In: Crane E (ed) *Honey: a comprehensive survey*. Heinemann, London. 157–206.

- White JW, Kushnir I. 1967. The enzymes of honey: examination by ionexchange chromatography, gel filtration, and starch-gel electrophoresis. *Journal of Apicultural Research* **6**:69–89.
- WHO. 2015. Guideline: Sugars intake for adults and children.
- WHO. 2019. Childhood overweight and obesity. Available from <https://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/en/> (accessed March 2019)
- WHO, FAO. 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition, Second edition. Page Joint FAO/WHO Expert Consultation on Human Vitamin and Mineral Requirements. Available from www.who.org.
- Witte W. 1998. Medical Consequences of Antibiotic Use in Agriculture. *Science* **279**:996–997. Available from <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.279.5353.996>.
- Won SR, Li CY, Kim JW, Rhee HI. 2009. Immunological characterization of honey major protein and its application. *Food Chemistry* **113**:1334–1338. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.082>.
- Yaghoobi N et al. 2008. Natural honey and cardiovascular risk factors; effects on blood glucose, cholesterol, triacylglycerole, CRP, and body weight compared with sucrose. *The Scientific World Journal* **8**:463–469.
- Yamada P, Nemoto M, Shigemori H, Yokota S, Isoda H. 2011. Isolation of 5-(Hydroxymethyl)Furfural from *Lycium chinense* and its Inhibitory Effect on the Chemical Mediator Release by Basophilic Cells. *Planta Medica* **77**:434–440. Available from <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0030-1250402>.
- Yao LH, Jiang YM, Shi J, Tomás-Barberán FA, Datta N, Singanusong R, Chen SS. 2004. Flavonoids in Food and Their Health Benefits. *Plant Foods for Human Nutrition* **59**:113–122. Available from <http://link.springer.com/10.1007/s11130-004-0049-7>.
- Zaid SSM, Sulaiman SA, Sirajudeen KNM, Othman NH. 2010. The effects of tualang honey on female reproductive organs, tibia bone and hormonal profile in ovariectomised rats - animal model for menopause. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **10**:82–88. Available from <https://doi.org/10.1186/1472-6882-10-82>.

- Zaidi H, Ouchemoukh S, Amessis-Ouchemoukh N, Debbache N, Pacheco R, Serralheiro ML, Araujo ME. 2019. Biological properties of phenolic compound extracts in selected Algerian honeys—The inhibition of acetylcholinesterase and α -glucosidase activities. *European Journal of Integrative Medicine* **25**:77–84. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876382018306759>.
- Zhang X, Zhang G, Zhang H, Karin M, Bai H, Cai D. 2008. Hypothalamic IKK β /NF- κ B and ER Stress Link Overnutrition to Energy Imbalance and Obesity. *Cell* **135**:61–73. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0092867408010088>.
- Zhao L, Chen J, Su J, Li L, Hu S, Li B, Zhang X, Xu Z, Chen T. 2013. In Vitro Antioxidant and Antiproliferative Activities of 5-Hydroxymethylfurfural. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **61**:10604–10611. Available from <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf403098y>.

6 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 Metabolismus fruktózy a glukózy

Obrázek 2 Regulace metabolismu glukózy pomocí jater

Obrázek 3 Konzumace cukru 2017/2018

Obrázek 4 Konzumace cukru u dětí

Obrázek 5 Onemocnění asociované s metabolickým syndromem

Tabulka 1 Fyzikální a chemické požadavky medu

Tabulka 2 Členění cukru na druhy, skupiny a podskupiny

Tabulka 3 Statistika komodity cukr – cukrová řepa v České republice

Tabulka 4 Fyzikální a chemické požadavky na jakost cukru

7 Seznam použitých zkratek

BCAA	branched-chain amino acids, aminokyseliny s rozvětveným řetězcem
DM	diabetes mellitus
EU	Evropská unie
GA	glukonová kyselina
GI	glykemický index
HDL	high-density lipoprotein, vysokodenzitní lipoprotein
HFCS	high-fructose corn syrup
HIV	human immunodeficiency virus
hm.	hmotnostních
HMF	hydroxymetyhlfurfural
KVO	kardiovaskulární onemocnění
LDL	low-density lipoprotein, nízkodenzitní lipoprotein
MS	metabolický syndrom
ppm	part per million, jedna miliontina
NAFLD	non-alcoholic fatty liver disease, nealkoholové tučnění jater
NASH	nonalcoholic steatohepatitis, nealkoholová steatohepatitida
SCFA	short-chain fatty acid, mastné kyseliny s krátkým řetězcem
USA	Spojené státy americké
WHO	World Health Organization, Světová zdravotnická organizace