

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Vliv fruktózy v potravě na metabolický syndrom**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Tereza Soukupová**

**Obor studia: Kvalita produkce**

**Vedoucí práce: Ing. Miloslav Šulc, Ph.D.**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv fruktózy v potravě na metabolický syndrom" 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 \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Miloslavu Šulcovi, Ph.D. za čas, trpělivost a rady, které mi při zpracování bakalářské práce poskytl. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a svému příteli za rady a slova podpory, kterých se mi od nich během psaní dostávalo. V závěru chci poděkovat své kamarádce Kamile za podporu a vstřícná slova, kterými nikdy nešetří.

# Vliv fruktózy v potravě na metabolický syndrom

## Souhrn

Tato práce se zabývá vlivem fruktózy v potravě na lidské zdraví a snaží se prozkoumat tvrzení, že právě fruktóza stojí za rozvojem metabolického syndromu. V uplynulých desetiletích byl proveden hojný počet studií snažících se najít zřejmá spojení mezi fruktózou a rozvojem obezity, cukrovky 2. typu, hypertenze a dalších rizikových faktorů, které jsou s metabolickým syndromem spojovány. Výsledky těchto studií se výrazně liší, což vede ke ztíženým podmínkám při jejich srovnávání.

Práce nejdříve seznamuje čtenáře se samotnou fruktózou, jejími chemickými vlastnostmi a metabolickými dráhami a vysokofruktózovým sirupem, látkou, která se v dnešní době hojně používá jako sladidlo v potravinářském průmyslu. Čtenář je seznámen s onemocněním označovaným jako metabolický syndrom. Jeho definice není jednotná, a tak se práce zaměřuje i na kritéria, která jednotlivé organizace při jeho definici posuzují.

Druhá polovina práce se zabývá samotným vlivem fruktózy na zdraví člověka a na vznik jednotlivých složek metabolického syndromu, porovnává rozdíly mezi příjmem glukózy a fruktózy a řeší problematiku konzumace slazených nápojů, které jsou v dnešní době bohatým zdrojem fruktózy v lidské stravě.

V závěru se práce zabývá látkami a potravinami, které mohou mít pozitivní vliv na léčbu metabolického syndromu.

Metabolický syndrom je v dnešní době velmi častou civilizační chorobou. Rozšíření povědomí o negativním vlivu nadměrné konzumace fruktózy může vést ke zdravějšímu životnímu stylu a tím být i vhodnou prevencí vzniku tohoto onemocnění.

**Klíčová slova:** metabolický syndrom, fruktóza, glukóza, vysokofruktózový sirup, inzulinová rezistence

# **The influence of fructose intake on metabolic syndrome**

## **Summary**

This work deals with the influence of fructose contained in food on human health and seeks to examine the evidence claiming that fructose causes the development of metabolic syndrome. In the past decades, a large number of studies have been conducted to find a link between fructose and the development of obesity, type 2 diabetes, hypertension and other factors that are associated with metabolic syndrome. Results of these studies were significantly different, resulting in difficult conditions in their comparison.

The thesis at first introduces the reader to fructose itself, its chemical characteristic and metabolism, and high fructose corn syrup, a substance that is currently used as a sweetener in the food industry. The definition of metabolic syndrome is not uniform, so the work also focuses on the criteria that individual organizations use in their definitions.

The second half of the thesis focuses on the effect of fructose on human health and on the development of components of the metabolic syndrome, compares differences between glucose and fructose intake, and discusses the issue of consumption of non-alcoholic beverages, which are today a rich source of fructose in human diet.

In conclusion, the theses deals with foods that can have a positive effect on the treatment of metabolic syndrome.

Metabolic syndrome is a very common civilization disorder and widening awareness of the negative effects of excessive fructose consumption may be its appropriate prevention.

**Keywords:** metabolic syndrome, fructose, glucose, high-fructose corn syrup, insulin resistance

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Fruktóza .....</b>	<b>3</b>
3.1	Vlastnosti.....	3
3.2	Přirozený výskyt fruktózy .....	4
3.2.1	Ovoce a zelenina .....	4
3.2.2	Med .....	5
3.3	Metabolismus fruktózy .....	7
3.3.1	Absorpce .....	7
3.3.2	Transport .....	8
3.3.3	Metabolismus fruktózy v játrech.....	8
3.4	Spotřeba cukru, fruktózy a vysokofruktózového sirupu .....	9
3.4.1	Historické pozadí .....	9
3.4.2	Spotřeba fruktózy v USA .....	9
3.4.3	Spotřeba fruktózy v Evropě.....	10
3.4.4	Spotřeba cukru v České republice .....	11
3.4.5	Závěr .....	11
<b>4</b>	<b>Vysokofruktózový sirup .....</b>	<b>12</b>
4.1	Historické pozadí vzniku vysokofruktózového sirupu.....	12
4.2	Výroba vysokofruktózového sirupu .....	13
4.3	Použití a spotřeba.....	14
<b>5</b>	<b>Metabolický syndrom.....</b>	<b>15</b>
5.1	Definice.....	15
5.2	Hlavní komponenty metabolického syndromu.....	17
5.3	Prevalence .....	17
<b>6</b>	<b>Účinky nadměrného příjmu fruktózy oproti glukóze .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Vliv konzumace fruktózy na zdraví a vznik jednotlivých složek metabolického syndromu .....</b>	<b>19</b>
7.1	Dyslipidémie.....	19
7.2	Inzulinová rezistence.....	20
7.3	Vysoký krevní tlak .....	20
7.4	Obezita .....	21
7.5	Cukrovka .....	23
7.6	Srdeční onemocnění .....	24
7.7	Steatóza jater .....	24
7.8	Shrnutí role fruktózy při vzniku metabolického syndromu.....	24
<b>8</b>	<b>Problematika konzumace slazených nápojů .....</b>	<b>26</b>

<b>9</b>	<b>Prevence a léčba metabolického syndromu .....</b>	<b>27</b>
<b>9.1</b>	<b>Výživa v prevenci a léčbě metabolického syndromu.....</b>	<b>27</b>
9.1.1	Resveratrol .....	27
9.1.2	Vláknina .....	28
9.1.3	Antokyany .....	29
9.1.4	Káva a kofein .....	29
<b>9.2</b>	<b>Obecná doporučení .....</b>	<b>30</b>
<b>10</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>31</b>
<b>11</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>32</b>
<b>12</b>	<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>46</b>
<b>13</b>	<b>Seznam obrázků a tabulek.....</b>	<b>47</b>

# 1 Úvod

Fruktóza je monosacharid, který se nachází v mnoha druzích ovoce, zeleniny a v medu. Asi třetina denního příjmu fruktózy v lidské stravě pochází z přírodních zdrojů (v těch se nachází přirozeně). Zbylé dvě třetiny pocházejí z potravin a nápojů, do kterých byla fruktóza přidána uměle, buď jako součást sacharózy nebo vysokofruktózového sirupu (JAMESON, 2016).

Vysokofruktózový sirup je sladidlo vyrobené z kukuřičného škrobu. Při jeho výrobě se úmyslně určité procento glukózy pomocí glukózové izomerázy přeměňuje na fruktózu. Tento sirup byl poprvé uveden na trh na konci šedesátých let dvacátého století, jeho popularita vzrostla v letech 1970-1985, kdy nahradil z velké části sacharózu (MARRIOT et al., 2009).

Pokud je fruktóza přirozenou součástí potraviny, která obsahuje vlákninu, je právě díky vláknině její vstřebávání regulováno. Avšak v případě, že se fruktóza vyskytuje volně, například v nápojích slazených vysokofruktózovým sirupem, k její regulaci nedochází. Tato zkonsumovaná fruktóza je transportována do buněk, kde je přeměněna na glukózu, na níž reagují inzulinové receptory, čímž dochází ke vzniku inzulinové rezistence (JAFFE, 2013).

Původně zdravá potravina, za kterou byla fruktóza pokládána díky svému nízkému glykemickému indexu (*fruktóza 19, glukóza 100*), je nyní považována za původce inzulinové rezistence, obezity, cukrovky 2. typu a dalších onemocnění, která jsou s metabolickým syndromem spojována.

Metabolický syndrom, známý také pod pojmy Reavenův syndrom nebo syndrom X, označuje společný výskyt některých nemocí, kromě již jmenovaných jsou to například dyslipidémie a zvýšený krevní tlak.

V USA dle Kastorini a kol. (2011) trpí metabolickým syndromem téměř jedna třetina populace. V České republice jsou čísla ještě horší, Huangfu a kol. (2014) uvádí, že tímto onemocněním trpí 45,8 % populace, což je téměř polovina.



## 2 Cíl práce

Cíle bakalářské práce jsou:

- zpracovat výsledky současné vědecké literatury,
- představit nejdůležitější a nejnovější poznatky týkající se vlivu fruktózy na metabolický syndrom,
- seznámit čtenáře s fyziologickými, biochemickými a patologickými procesy, které ovlivňuje fruktóza v lidském organismu,
- najít způsoby zmírnění projevů příznaků metabolického syndromu.

## 3 Fruktóza

### 3.1 Vlastnosti

Fruktóza neboli ovocný cukr, je monosacharid, který se přirozeně nachází v ovoci, medu a některých druzích zeleniny. Jedná se o nejsladší přírodní cukr (tabulka č.1), krystalickou látku bez zápachu, ve vodě velmi dobře rozpustnou (DAS, 2015).

Fruktóza se řadí mezi hexózy. Přestože souhrnný chemický vzorec  $C_6H_{12}O_6$  má shodný s glukózou, liší se od ní přítomností ketoskupiny na C2, zatímco glukóza má aldehydickou skupinu na C1 (obrázek č. 1) (TAPPY et LÊ, 2010).

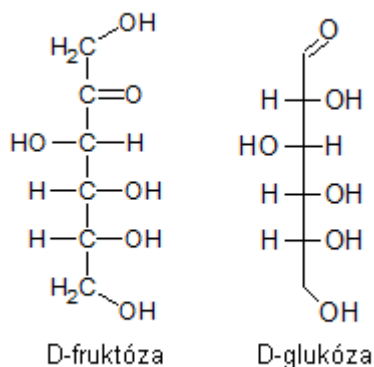
V přírodě se fruktóza nachází téměř výhradně v konfiguraci D a je často označována jako levulóza, jelikož rovinu lineárně polarizovaného světla stáčí vlevo (KODÍČEK, 2007).

**Tabulka 1.** Relativní faktor sladkosti sacharidů

<i>Monosacharid</i>	<i>Relativní faktor sladkosti</i>
Sacharóza	100
Glukóza	74
Fruktóza	110
Galaktóza	60
Laktóza	16

**Zdroj dat:** [http://owlsoft.com/pdf\\_docs/WhitePaper/Rel\\_Sweet.pdf](http://owlsoft.com/pdf_docs/WhitePaper/Rel_Sweet.pdf)

**Obrázek 1.** D-fruktóza, D-glukóza



## 3.2 Přirozený výskyt fruktózy

### 3.2.1 Ovoce a zelenina

Ovoce je bohatým zdrojem sacharidů, které mu dodávají přirozenou sladkost, obsah fruktózy se může u jednotlivých druhů ovoce lišit (tabulka č.2). Zelenina obsahuje méně fruktózy (i glukózy) než ovoce. Hlavním zdrojem fruktózy je cukrová řepa (JOHNSON et CONFORTI, 2003).

Dle obsahu fruktózy lze ovoce a zeleninu zařadit do čtyř skupin. Do skupiny s nejnižším obsahem (méně než 1 g fruktózy/100 g) patří z ovoce meruňky a avokádo, dále pak celá řada zeleniny, například brambory, špenát, chřest, okurka. Skupina s obsahem fruktózy mezi 1-2 g/100 g zahrnuje švestky, mandarinky, broskve, žákie, ze zeleniny jsou pak na fruktózu bohatší rajčata, mrkev, dýně či cibule. Obsah fruktózy v rozmezí 1-5 g/100 g mají maliny, ostružiny, banán, mango či rybíz. Do skupiny nejvíce bohaté na fruktózu (obsahující více než 5 g/100 g) patří jablka, hrušky, višně, hrozny nebo šípek (ZOBEL, 1963).

**Tabulka 2.** Volná fruktóza ve vybraných druzích ovoce (% hmotnosti)

<i>Potravina</i>	<i>D-fruktóza</i>
Rozinky	33,8
Fíky, sušené	26,0
Švestky	14,8
Meruňky, sušené	12,2
Jablka, čerstvá, se slupkou	7,6
Hroznové víno, čerstvé, Evropa	7,6
Hroznové víno, čerstvé, Amerika	6,9
Třešně, čerstvé	6,2
Borůvky, čerstvé	3,6
Višně, čerstvé	3,3
Fíky, čerstvé	2,8
Banány, čerstvé	2,7
Broskve	1,3
Meruňky, čerstvé	0,7

*Převzato z: The Food Resource, Oregon State University.*

*<http://osu.orst.edu/food-resource/sugar/com2.htm>*

### 3.2.2 Med

Dlouhou dobu byl v lidské společnosti med převládajícím sladidlem. Je to potravina, která obsahuje přes 200 sloučenin, skládá se z cukrů, vody, enzymů, vitamínů a minerálů. Až 75 % cukrů obsažených v medu tvoří monosacharidy glukóza a fruktóza. Z disacharidů jsou v medu sacharóza, maltóza a turanóza. Mezi hlavní trisacharidy, které můžeme v medu najít, patří melecitóza a erlóza. Přesnější hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 3 (KAMAL et KLEIN, 2011).

Během zrání medu se mění jeho chemické složení, převážně dochází ke štěpení složitějších cukrů na jednodušší. Sacharóza obsažená v medu je hydrolyzována na fruktózu a glukózu za pomoci enzymu invertázy, čímž se získá ekvimolární směs hexóz. Současně z jednoduchých cukrů vznikají cukry složitější (TITĚRA, 2013).

		Kvěťový med		Medovicový med		
		průměr	min-max	průměr	min-max	
Cukry			79,7		80,5	
	Jednoduché cukry	Fruktóza	38,2	30-45	31,8	28-40
		Glukóza	31,3	24-40	26,1	19-32
	Disacharidy	Sacharóza	0,7	0,1 – 4,7	0,5	0,1 – 4,7
		Ostatní (maltóza, turanóza,...)	5,0	2,0 – 8,0	4,0	0,3 – 22,0
	Trisacharidy	Melecitóza	<0,1		4,0	0,3 – 22,0
		Erlóza	0,8	0,6 – 6,0	1,0	0,1 – 6,0
		Ostatní	0,5	0,5 – 1,0	3,0	0,1 – 6,0
	Vyšší cukry		3,1		10,1	

**Tabulka 3.** Obsah cukrů v medu v g/100 g

*Zdroj dat: TITĚRA, 2013*

V současné době se světová produkce medu pohybuje kolem 1,2 milion tun/rok, což je v porovnání s celkovou produkcí cukru méně než 1 %. Spotřeba medu se v různých zemích výrazně liší (tabulka č. 4). Hlavními vývozci medu jsou Čína a Argentina, jejichž roční spotřeba medu se pohybuje od 0,1 do 0,2 kg na jednoho obyvatele. Ve vyspělých zemích, je konzumace medu vyšší, a tak zde produkce nedokáže pokrýt poptávku na trhu (BOGDANOV et al., 2008).

V Evropské unii se roční spotřeba na obyvatele pohybuje od 0,3-0,4 kg (v roce 2007 v Itálii, Francii, Velké Británii, Dánsku a Portugalsku) do 1-1,8 kg (v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Portugalsku, Maďarsku a Řecku), zatímco v zemích jako jsou USA, Kanada a Austrálie je průměrná spotřeba na obyvatele 0,6 až 0,8 kg/rok (BOGDANOV et al., 2008).

V České republice byla spotřeba medu v roce 2016 0,9 kg/osobu/rok (ČSÚ, 2016).

**Tabulka 4.** Země s nejvyšší spotřebou medu v roce 2015

Země	Spotřeba [tisíc tun]
Čína	344
USA	240
Turecko	103
Německo	85
Rusko	64
Írán	46
Etiopie	42
Velká Británie	40
Kanada	39
Japonsko	36

*Převzato z:* <http://www.indexbox.co.uk/news/which-countries-consume-the-most-honey/>

### 3.3 Metabolismus fruktózy

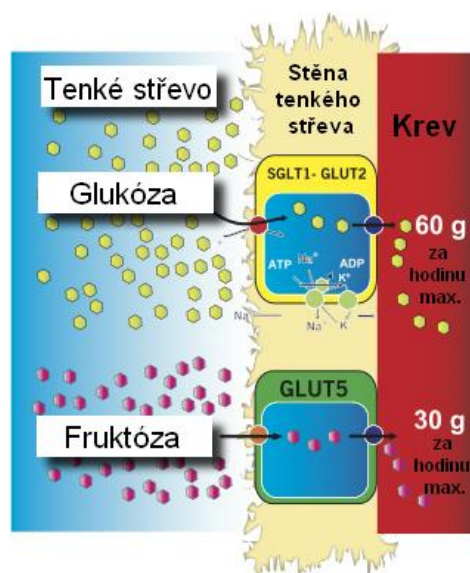
Lidský organismus nerozlišuje mezi cukrem přírodním (z ovoce, zeleniny, mléka či medu) a rafinovaným, a tak jsou všechny cukry tráveny stejně. Většina vstřebané fruktózy je metabolizována v játrech, zatímco vstřebanou glukózu metabolizují játra jen z 15-30 %, zbylá glukóza je metabolizována v cytoplasmě buněk (LAM, 2011; KOLDERUP et SVIHUS, 2015).

#### 3.3.1 Absorpce

Přestože mechanismy absorpce fruktózy nejsou zatím zcela známe, zdá se, že většina fruktózy je vstřebávána usnadněným transportem v lačníku (nejdelší úsek tenkého střeva) pomocí transportního proteinu GLUT5 (obrázek č. 2) (JONES et al., 2011).

Překročení absorpční kapacity tenkého střeva může vést u fruktózy až k poruše jejího vstřebávání. (WILSON 2016; RIBY et al., 1993). Tato porucha vede k bakteriální fermentaci, následné tvorbě mastných kyselin s krátkým řetězcem (acetát, propionát a butyrát) a plynů (vodík, metan a oxid uhličitý). Tyto procesy mohou ovlivnit pohyblivost střeva a způsobit různé příznaky, jako je bolest břicha, nadýmání a změna stolice (PIMENTEL et al., 2006).

**Obrázek 2.** Vstřebávání glukózy a fruktózy v tenkém střevě

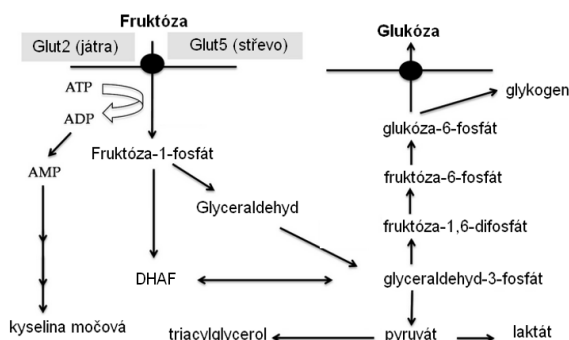


*Převzato z: <http://highfive.co.uk/wp-content/uploads/2012/06/Intestine-2-1-Fructose.jpg>*

### 3.3.2 Transport

Po absorpci do krve je fruktóza transportována portální žilou do jater. Tam je absorbována jaterními buňkami, a proto do velkého krevního oběhu vstupuje pouze v malém množství. Koncentrace fruktózy v krvi dosahuje pouze 0,01 mmol/l, na rozdíl od glukózy, které je v krvi přibližně 5,5 mmol/l. Metabolismus fruktózy probíhá především v játrech, avšak fruktóza může být také metabolizována enterocyty (BRAY, 2007).

Obrázek 3. Schéma metabolismu fruktózy



Převzato z: [http://www.mdpi.com/nutrients/nutrients-09-](http://www.mdpi.com/nutrients/nutrients-09-00181/article_deploy/html/images/nutrients-09-00181-g001.png)

[00181/article\\_deploy/html/images/nutrients-09-00181-g001.png](http://www.mdpi.com/nutrients/nutrients-09-00181/article_deploy/html/images/nutrients-09-00181-g001.png)

### 3.3.3 Metabolismus fruktózy v játrech

Fruktóza může být v játrech transformována několika způsoby:

1. oxidací,
2. přeměněnou na glukózu,
3. přeměnou na kyselinu mléčnou,
4. může vstoupit do *de novo* lipogeneze (DNL) (KOLDERUP et SVIHUS, 2015).

Při konzumaci 30-70 g fruktózy nalačno je přibližně 50 % fruktózy přeměněno na glukózu, 25 % je přeměněno na laktát a 15 % na glykogen, který se ukládá do jater. Zbytek fruktózy je buď zoxidován jaterními buňkami nebo je přeměněn na MK. (TAPPY et LÊ, 2012).

Při vysoké konzumaci fruktózy dochází k tvorbě kyseliny mléčné. 72 g fruktózy je nejnižší množství, u kterého byl vznik kyseliny mléčné experimentálně prokázán. (KELSAY et al., 1974a)

Osud fruktózy může být z velké části ovlivněn složením stravy (KOLDERUP et SVIHUS, 2015).

## **3.4 Spotřeba cukru, fruktózy a vysokofruktózového sirupu**

### **3.4.1 Historické pozadí**

Člověk kromaňonský získával svou potravu lovem a sběrem, jeho strava se tedy skládala především z masa, byla bohatá na bílkoviny a o něco méně na tuky. Téměř neobsahovala sacharidy, jejichž hlavním zdrojem pro něj bylo ovoce a bobule (TAPPY et LÊ, 2010).

Později se ke slazení začal používat med, al jen v omezeném množství. Během křižáckých výprav se seznámili západní Evropané s cukrem tehdy používaným na východě. Zmínky o zpracování cukrové třtiny na šťávu používanou ke slazení pocházejí z Indie z 1. tisíciletí př. n. l. (KUČEROVÁ et al., 2007).

Spotřeba cukru začala stoupat v 18. století, za což mohl rozvoj mezikontinentálního obchodu a technologické inovace. Cukr se stal dostupnou a velmi oblíbenou komoditou. Nejdříve se používal ke slazení čaje a kávy, později se začal používat i při pečení a k výrobě sladkostí. Mezi 18. a 19. stoletím se spotřeba cukru v Anglii zvedla o 1 500 %, na přelomu 20. století se stal cukr jednou z hlavních složek lidské stravy. Sacharóza byla téměř jediným konzumovaným sladidlem až do šedesátých let 20. století, kdy potravinářský průmysl vyvinul technologie k extrakci škrobu z kukuřice, jeho následné hydrolýzy na glukózu, jejíž část se pomocí enzymatické izomerace přemění na fruktózu. Tak vznikl vysokofruktózový sirup, nízkonákladová látka s vysokou sladivostí. Všechny tyto skutečnosti vedly k velmi rychlému nárůstu jeho spotřeby na úkor sacharózy (TAPPY et LÊ, 2010).

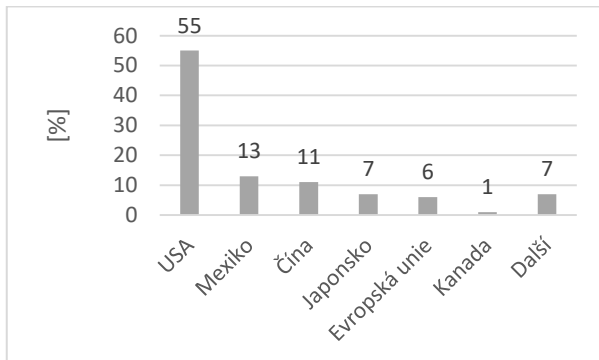
### **3.4.2 Spotřeba fruktózy v USA**

Vysokofruktózový sirup (HFCS), jeden z hlavních zdrojů fruktózy v lidské potravě, je velmi populární především v Americe (obrázek č. 4) a většina výzkumů ze kterých tato práce čerpá pochází právě z USA.

Množství zkonsumované fruktózy u populace není snadné určit, jelikož fruktóza není ve většině výzkumů zaznamenána jako proměnná. V USA jsou údaje o rozdílech v příjmu dostupné pro sacharózu a HFCS (obrázek č. 5). Zahrnují individuální spotřebu fruktózy i její průmyslové použití při zpracování potravin. To může vést k nepřesným výsledkům při vyhodnocování jejího skutečného příjmu (TAPPY et LÊ, 2010).



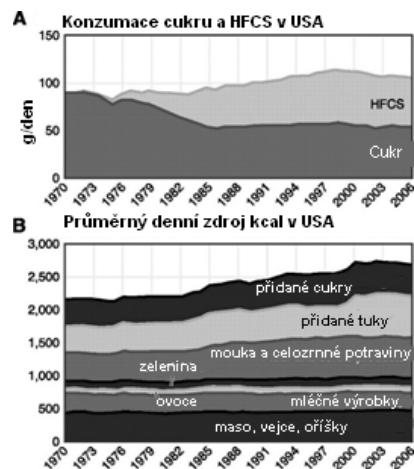
**Obrázek 4.** Světová spotřeba HFCS ve světě v roce 2013



**Zdroj dat:**

<https://www.statista.com/statistics/495946/consumption-share-of-high-fructose-corn-syrup-worldwide-by-country/>

**Obrázek 5.** Spotřeba HFCS a sacharózy v USA (1970-2006)



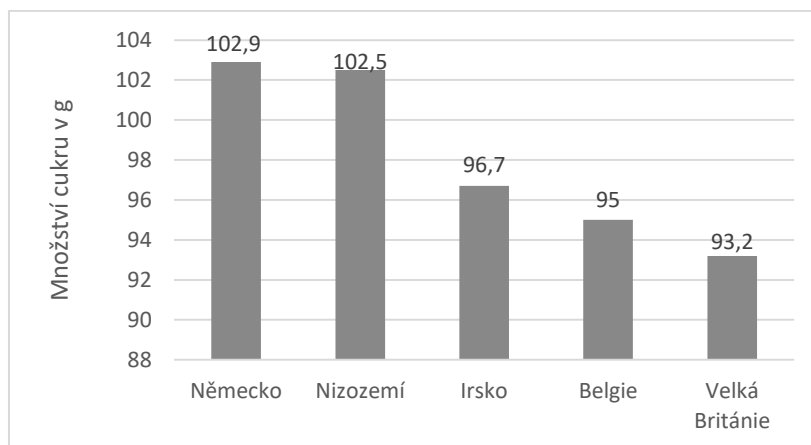
**Převzato z:** USDA

(<http://www.ers.usda.gov>)

### 3.4.3 Spotřeba fruktózy v Evropě

O celkové spotřebě fruktózy v Evropě neexistuje mnoho údajů, proto se vychází ze spotřeby cukru (obrázek č. 6). USDA (Americké ministerstvo zemědělství) tvrdí, že spotřeba cukru v EU se stále zvyšuje a dosahuje až 18,8 milionů tun (v roce 2018). Tappy a Lê (2010) uvádějí, že mezi 18. a 19. stoletím došlo k nárůstu spotřeby cukru o 1 500 %.

**Obrázek 6.** Průměrná spotřeba cukru v Evropě v g/den/osoba

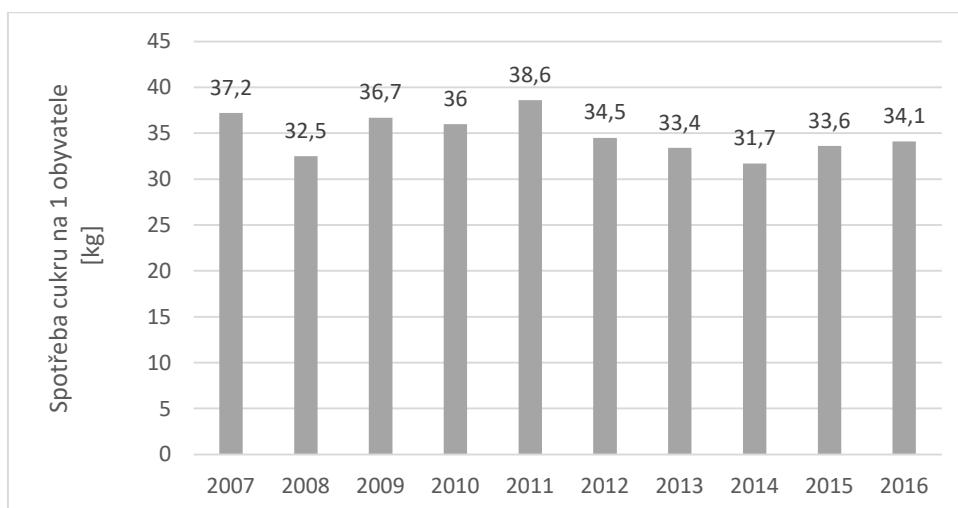


**Zdroj dat:** [thehealthsciencesacademy.org](http://thehealthsciencesacademy.org)

### 3.4.4 Spotřeba cukru v České republice

V České republice byla v roce 2016 spotřeba cukru 34,1 kg/osobu/rok, což znamená měsíční spotřebu cca 3 kg/osobu. Spotřeba cukru má v České republice mírně klesající trend, to se přisuzuje snaze o zdravější životní styl, který je spojený s omezením příjmu cukru a jeho nahrazením alternativami jako je například stévie a agávový sirup. Přesto Česká republika patří mezi země s největší spotřebou cukru na osobu. Největšími spotřebiteli cukru v rámci celosvětového měřítka jsou Izrael (66 kg/osoba/rok) a USA (59 kg/osoba/rok). V rozvojových zemích tvoří spotřeba cukru pouze několik kilogramů za rok (SOBOTOVIČOVÁ, 2017).

**Obrázek 7.** Spotřeba cukru v ČR na obyvatele v kg/osobu/rok



*Zdroj dat: ČSÚ*

### 3.4.5 Závěr

Jelikož fruktóza ve většině výzkumů, které se tímto tématem zabývají, nefiguruje jako proměnná, ale jako součást sacharózy, nelze její příjem přesně určit. Individuální spotřebu fruktózy u běžného člověka lze odhadnout zaznamenáním zkonsumovaných potravin s jejich obsahem fruktózy.

Posouzení vlivu fruktózy na lidské zdraví, kterým se zabývají další kapitoly této práce, je pouze z těchto informací nemožné. Studie zabývající se touto problematikou tak srovnávají například konzumaci volné fruktózy oproti sacharóze.

## 4 Vysokofruktózový sirup

### 4.1 Historické pozadí vzniku vysokofruktózového sirupu

Historie vysokofruktózového sirupu (HFCS) je propojena s historií stolního cukru, sacharózy. Za nedostatek cukru ve světě mohly problémy způsobené přírodními podmínkami a nestabilní politikou v zemích, které cukrovou třtinu produkují. To vedlo k jeho nedostatku a k inflaci cen. Tuto situaci využil kukuřičný průmysl, který po sérii pokusů vyrobil produkt, který se svými vlastnostmi a převážně sladivostí mohl rovnat sacharóze. Vznikl tak vysokofruktózový sirup (WHITE, 2014).

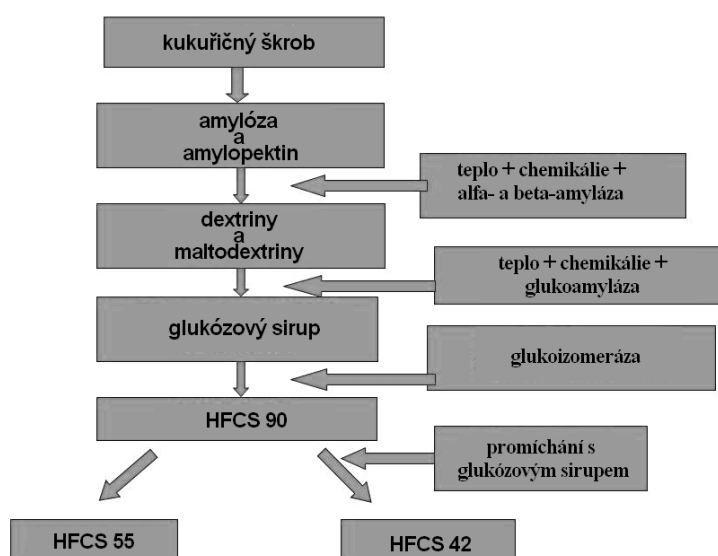
Počátky výroby tohoto sirupu se datují do padesátých a šedesátých let minulého století. Na konci šedesátých let došlo k prvním dodávkám průmyslově vyráběného HFCS na potravinářský trh. Tappy a Lê (2010) uvádějí, že významné změny v jeho konzumaci nastaly mezi lety 1970–1985. V této době došlo k výraznému omezení konzumace sacharózy, která byla nahrazena právě vysokofruktózovým sirupem, který byl v té době lépe dostupný. Složením se tento sirup výrazně neliší od ostatních sladidel, která fruktózu obsahují (sacharóza, med či ovocné koncentráty). Svou sladivostí je srovnatelný se sacharózou, zlepšuje vlastnosti výrobků, do kterých je přidán a jeho použití je výrazně snazší. Sacharóza v kyselém prostředí hydrolyzuje, mění chuťové vlastnosti produktu, a před samotným použitím musí být rozpuštěna ve vodě. Na rozdíl od sacharózy, HFCS je v kyselém prostředí stabilní a jelikož se jedná o sirup, před použitím stačí jednoduše naředit. V USA se vyrábí z kukuřice, což je tamní velmi rozšířená plodina. Lze říci, že právě tyto vlastnosti vedly k úspěšnému přijetí vysokofruktózového sirupu potravinářským průmyslem (MARRIOTT et al., 2009).

## 4.2 Výroba vysokofruktóзовého sirupu

Vysokofruktóзовý sirup se vyrábí izolací kukuřičného nebo pšeničného škrobu, který je tvořen řetězcem glukózy. Tento škrob je rozštěpen na jednotlivé molekuly glukózy pomocí enzymů a kyselin. Vzniklý glukóзовý sirup není tolik sladký jako sacharóza, a tak se jeho část transformuje na fruktózu pomocí enzymu glukoizomerázy (WHITE, 2008).

Výsledný HFCS sirup se podle obsaženého poměru fruktózy ke glukóze nazývá různě, nejčastěji se používá označení HFCS-55, to znamená, že sirup obsahuje 55 % fruktózy a 45 % glukózy, tento poměr fruktózy ke glukóze se blíží 1:1, stejně jako v sacharóze. Dále se pak vyrábí HFCS-42 (obsahující 42 % fruktózy) a HFCS-90 (obsahující 90 % fruktózy) (WHITE, 2008).

**Obrázek 8.** Schéma výroby vysokofruktóзовého sirupu z kukuřičného škrobu



*Převzato z: Parker et al., 2010*

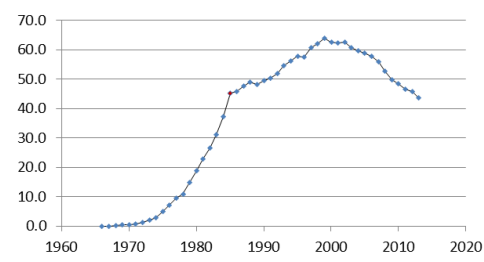
### 4.3 Použití a spotřeba

HFCS se přidává do mnoha potravin, včetně jogurtů, pečiva, trvanlivých potravin, bonbónů, koření, nápojů a sladkostí. Svou přítomností zvyšuje ovocnou a kořenitou chuť, prodlužuje čerstvost a stabilitu výše zmíněných produktů, pomáhá při fermentaci, zlepšuje pekárenské vlastnosti a jakožto kapalina se snadno mísí (TAPPY et LÊ, 2010).

Největšími výrobci a spotřebiteli na světě jsou Američané (obrázek č. 4). V USA je HFCS převládajícím sladidlem, které se přidává nejen do nealkoholických nápojů, ale také do velkého množství potravin, které Američané denně konzumují (TAPPY et LÊ, 2010).

V Evropě spotřeba fruktózového sirupu obecně roste, *Statista: The Statistics Portal* odhaduje, že se jeho spotřeba do roku 2025 zvýší na 1,8 milionu tun/rok.

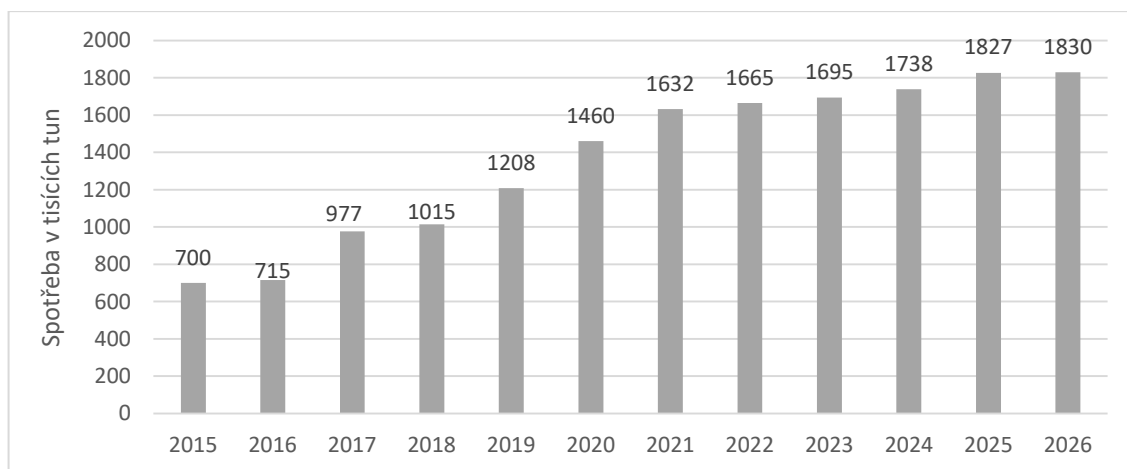
**Obrázek 9.** Spotřeba HFCS v USA v letech 1960-2010



*Převzato z:* [http://systy.com/wp-](http://systy.com/wp-content/uploads/2014/12/HighFructoseCornSyrupConsumption.png)

[content/uploads/2014/12/HighFructoseCornSyrupConsumption.png](http://systy.com/wp-content/uploads/2014/12/HighFructoseCornSyrupConsumption.png)

**Obrázek 10.** Prognóza spotřeby HFCS v Evropské unii (2015-2025)



*Převzato z:* <https://www.statista.com/statistics/549759/high-fructose-corn-syrup-consumption-volume-european-union-28/>

## 5 Metabolický syndrom

Metabolický syndrom se během poslední doby stal jedním z hlavních zdravotních problémů veřejnosti po celém světě. Dle některých zdrojů trpí v USA metabolickým syndromem téměř jedna třetina populace, v Čechách pak alarmujících 45 % obyvatelstva (KASTORINI et al., 2011; HUANGFU et al., 2014).

Přestože spojitost mezi jednotlivými složkami metabolického syndromu je známá více než 80 let (MetS byl popsán Kylinem už ve 20. století jako společný výskyt hypertenze, hyperglykémie a dny), řádného pojmenování se dočkal až v roce 1988, kdy Reaven popsal tzv. syndrom X. Tento pojem zaštiťoval společný výskyt nemocí:

- inzulinová rezistence,
- hyperglykémie,
- zvýšený krevní tlak,
- nízká hodnota HDL-cholesterolu,
- zvýšená hodnotu VLDL-triglyceridů (ALBERTI et al., 2006).

Překvapivě do výčtu hlavních složek nezahrnul obezitu, která je nyní brána jako podstatný ukazatel metabolického syndromu.

V průběhu let vznikala pro metabolický syndrom nejen různá označení (syndrom X, Reavenův syndrom, syndrom inzulinové rezistence, smrtící kvarteto), ale měnily se i jeho definice a dokonce byla zpochybňována i jeho samotná existence (ALBERTI et al., 2005).

### 5.1 Definice

Jednoznačně definovat metabolický syndrom není snadné, jelikož se jedná o termín, který zaštiťuje řadu nemocí. O definování metabolického syndromu se pokoušelo několik odborných organizací. Nejrozšířenější definice byly vypracovány Světovou zdravotnickou organizací (WHO), European Group for the Study of Insulin Resistance (EGIR) a National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP ATP III).

Všechny definice od těchto organizací se shodují na základních složkách MetS, někdy označovaných jako tzv. smrtící kvarteto: *obezita, inzulinová rezistence, dyslipidémie a hypertenze*. Jednotlivé definice se však rozcházejí v kritériích pro jejich stanovení (ALBERTI et al., 2005).

**Tabulka 5.** Definice MetS dle WHO, EGIR a NCEP ATP III

	WHO (1996)	EGIR (1999)	NCEP ATP III (2001)
<b>PODMÍNKA</b>	<b>Glukózová intolerance, snížená glukózová tolerance</b> nebo <b>diabetes</b> a / nebo <b>inzulinová rezistence</b> spolu s <b>dvěma nebo více</b> z následujících rizikových faktorů:	<b>Inzulinová rezistence</b> spolu s <b>dvěma nebo více</b> z následujících rizikových faktorů:	<b>Tři nebo více</b> z následujících rizikových faktorů:
<i>Glykémie nalačno</i>	-	≥ 6,1 mmol/l (110 mg/dl), ale nediabetik	≥ 5,6 mmol/l (100 mg/dl)
<i>Krevní tlak</i>	≥ 140/90 mmHg	≥ 140/90 mmHg nebo farmakologická léčba	≥ 130/≥ 85 mmHg
<i>Triglyceridy</i>	≥ 1,7 mmol/l (150 mg/dl)	> 2,0 mmol/l (178 mg/dl)	≥ 1,7 mmol/l (150 mg/dl)
<i>HDL – cholesterol</i>	<b>Muži:</b> < 0,9 mmol/l (35 mg/dl) <b>Ženy:</b> < 1 mmol/l (39 mg/dl)	< 1,0 mmol/l (39 mg/dl) nebo farmakologická léčba	<b>Muži:</b> < 1,03 mmol/l (40 mg/dl) <b>Ženy:</b> < 1,29 mmol/l (50 mg/dl)
<i>Obezita</i>	<b>Muži:</b> WHR > 0,90 <b>Ženy:</b> WHR > 0,85 a/nebo BMI > 30 kg/m <sup>2</sup>	<b>Muži:</b> obvod pasu ≥ 94 cm <b>Ženy:</b> obvod pasu ≥ 80 cm	<b>Muži:</b> obvod pasu > 102 cm <b>Ženy:</b> obvod pasu > 88 cm
<i>Mikroalbuminurie</i>	Rychlost vylučování albuminu močí ≥ 20 μg/min nebo poměr albumin: kreatin ≥ 30 mg/g	-	-

*Zdroj dat: Metabolic syndrome – a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation (ALBERTI et al., 2005)*

Zásadním rozdílem v uvedených definicích je podmínka, kterou musí splňovat. U definice dle WHO a EGIR je to přítomnost jednoho určitého kritéria, zatímco definice NCEP ATP III staví všechny komponenty na stejnou úroveň.

Téměř všechny komponenty jsou pro jednotlivé definice stejné, avšak liší se v hodnotách, které musí daný jedinec splňovat, aby do rizikové kategorie spadal. Například WHO při hodnocení obezity pracuje nejen s obvodem pasu (WHR), ale i s hodnotami indexu tělesné hmotnosti (BMI). Definice EGIR na rozdíl od NCP ATP III pracuje pouze s obvodem pasu. EGIR také počítá s možností farmakologické léčby daného problému.

Rozdílné definice tohoto onemocnění tak vedou k různým hodnotám při určování lidí trpících metabolickým syndromem, viz kapitola 5.3 Prevalence.

## 5.2 Hlavní komponenty metabolického syndromu

Kromě již vyjmenovaných složek – tzv. smrtícího kvarteta – je s metabolickým syndromem spojována spousta dalších příznaků a chorob. Porucha glukózové tolerance, zhoršená fibrinolýza, dysfunkce endotelu, nealkoholická steatóza, abnormální distribuce tělesného tuku, prozánětlivý a protrombotický stav. Komponent metabolického syndromu je v dnešní době už více než 60 (SVAČINA et al., 2010).

Rezistence na inzulín je přítomna u většiny lidí trpících metabolickým syndromem a vyskytuje se spolu s další řadou nemocí spojovaných s metabolickým syndromem. Inzulínová rezistence souvisí s rizikem vzniku cukrovky 2. typu a kardiovaskulárních onemocnění. Zvýšený krevní tlak je spojen s obezitou a obvykle se také vyskytuje u osob, které trpí inzulínovou rezistencí (ALBERTI et al., 2005).

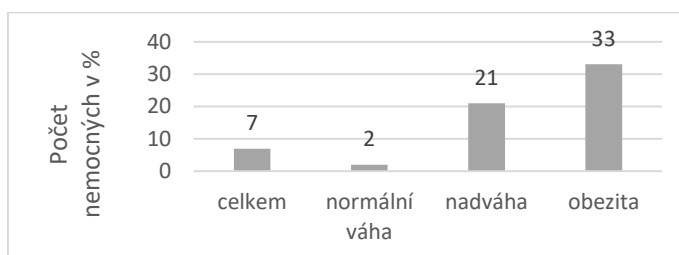
## 5.3 Prevalence

Jednotná definice metabolického syndromu neexistuje vzhledem k rozdílným parametrům a hodnotám, které jednotlivé organizace používají při jeho definování. Proto se hodnoty prevalence liší v závislosti na použité definici (ALBERTI et al., 2006).

V Evropě, Asii, Austrálii, Severní a Jižní Americe se prevalence syndromu pohybuje mezi 7,4 % a 70 %. V USA u dospělých ve věku 18 let nebo starších vzrostl počet nemocných od roku 1984 do 2012 o více než 35 %, a to z 25,3 % na 34,2 % (KASTORINI et al., 2011; MOORE et al., 2017). Hodnoty pro Českou republiku jsou 45,8 %, což znamená, že téměř každý druhý Čech trpí metabolickým syndromem (HUANGFU et al., 2014).

Fakt, že prevalence metabolického syndromu je čím dál častější i u dětí (obrázek č. 11), značí, že metabolický syndrom je častý a zvyšující se problém všude na světě (GAMI et al., 2007).

**Obrázek 11.** Prevalence metabolického syndromu u dětí ve věku 7-14 dle váhy



**Zdroj dat:** <http://www.cadiresearch.org/wp-content/uploads/2011/10/057-Fig.jpg>



## 6 Účinky nadměrného příjmu fruktózy oproti glukóze

Fruktóza přijatá z ovoce, zeleniny a medu tvoří jen 1/3 jejího celkového denního lidského příjmu, zbylé 2/3 tvoří fruktóza přijatá ze sacharózy, HFCS a dalších průmyslově vyráběných sladidel. Proto není snadné odlišit při posuzování vlivů tyto dva cukry (JOHNSON et CONFORTI, 2003).

Studie srovnávala dvě stravy – stravu s vysokým obsahem sacharózy oproti stravě s vysokým obsahem glukózy. Byla hodnocena počáteční reakce organismu mladých žen (po 30 a 60 minutách) na akutní zátěž 60 g glukózy. Dieta byla udržovací, kdy 42 % celkové energie tvořila buď glukóza nebo sacharóza. Koncentrace glukózy v plazmě byly srovnatelné u obou diet a nelišily se od kontrolních výsledků stravy s nízkým obsahem cukru (KELSAY et al., 1974b).

Další studie pozorovala po dobu 10 týdnů účinky fruktózy nebo glukózy na ženy s nadváhou. Množství monosacharidů (glukózy nebo fruktózy) tvořilo 30 % jejich celkového denního příjmu energie. Tento příjem vedl u obou skupin ke stejnému přírůstku tělesné hmotnosti. Fruktóza v porovnání s glukózou neměla významný vliv na sekreci leptinu. Avšak příjem fruktózy vedl ke zvýšení koncentrace postprandiálních (objevujících se po jídle) triglyceridů. Fruktóza také způsobila snížení glukózové tolerance a zvýšila koncentraci LDL cholesterolu, který je spojován s vysokým aterogenním rizikem. Pouze fruktóza, nikoliv glukóza, stimulovala hepatickou DNL a významně zvýšila množství viscerálního tuku (STANHOPE et al., 2009).

Z těchto studií vyplývá, že nadměrná konzumace jednoduchých cukrů má několik potenciálně škodlivých účinků na organismus. Účinky fruktózy jsou více zaměřeny na změny metabolismu jaterních lipidů a lipidového profilu plazmy, zatímco oba cukry mohou přispívat k lipotoxicitě způsobené přírůstkem hmotnosti a zvýšením hepatické *de novo* lipogeneze (STANHOPE et al., 2009).

## **7 Vliv konzumace fruktózy na zdraví a vznik jednotlivých složek metabolického syndromu**

Jak již bylo nastíněno v předešlých kapitolách, konzumace fruktózy může mít vliv na jednotlivé složky metabolického syndromu jako je dyslipidémie, inzulinová rezistence, obezita či vysoký krevní tlak.

### **7.1 Dyslipidémie**

Dyslipidémie je metabolické onemocnění charakteristické zvýšenou koncentrací celkového cholesterolu ( $>5$  mmol/l) a/nebo LDL cholesterolu ( $>3$  mmol/l) a/nebo triglyceridů ( $>2$  mmol/l). Příčinou bývá zvýšená syntéza a/nebo snížený katabolismus lipidů (NAVRÁTIL, 2017).

Při DNL v játrech vznikají TG, čímž se zvyšuje množství jaterních lipidů. Malonyl-CoA, podstatná složka DNL, působí jako silný inhibitor oxidace mastných kyselin a slouží i jako prekurzor jejich syntézy. Mastné kyseliny, které vznikly nebo nemohou být metabolizovány, také zvyšují množství jaterních lipidů. To vyvolává syntézu a sekreci VLDL do krve. Z krve je VLDL odstraňován činností lipoproteinové lipázy (LPL), která rozkládá triglyceridy a postupně se mění na LDL cholesterol. (TIWARI et SIDDIQI, 2013)

Po konzumaci fruktózy se do krve vyplaví pouze malé množství inzulinu. Ten stimuluje LPL, hydrolyzuje TG na volné mastné kyseliny a monoacylglycerol, který se ukládá do tukové tkáně. Při konzumaci fruktózy v množstvích vyšších než 50 g/den nedochází k ukládání lipidových částic do podkožní, nýbrž do viscerální tukové tkáně (STANPHONE et al., 2009; RIZKALLA, 2010).

Zvýšená konzumace fruktózy ( $> 21$  % denního energetického příjmu) po dobu delší než 1 týden zvyšuje u zdravých jedinců i pacientů trpících inzulinovou rezistencí nebo cukrovkou 2. typu celkové množství VLDL triglyceridů, které způsobují vznik dyslipidémie. U některých pacientů došlo i ke zvýšení celkového cholesterolu (BANTLE, 1986).

## 7.2 Inzulinová rezistence

Inzulinová rezistence je stav, při němž normální hladiny inzulínu v plazmě vyvolávají nižší biologickou odpověď organismu na inzulín (LEBOVITZ, 2001).

Autoři studií prezentovaných v této práci se shodují na hlavním faktoru, který se podílí na vzniku inzulinové rezistence. Tím je závislost mezi množstvím zkonsumované fruktózy a citlivostí tkání na inzulín.

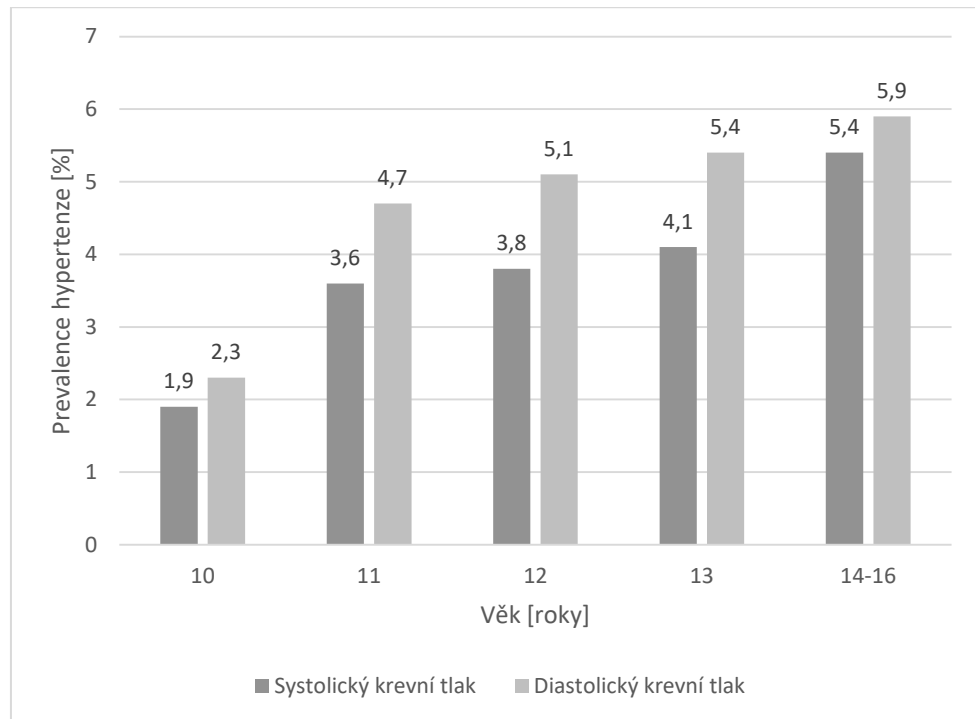
Studie prokázala, že při velmi vysokých dávkách fruktózy (> 200 g/den nebo tvořících >35 % z denního příjmu) dochází ke snížení citlivosti tkání na inzulín a tím ke zvýšení inzulinové rezistence. Konzumace méně než 100 g fruktózy za den nevyvolala žádné negativní účinky u zdravých jedinců (TEFF et al., 2009).

Také další studie potvrdila, že příjem fruktózy v množství vyšším než 150 g/den vede ke zvýšení inzulinové rezistence, avšak při příjmu nižším než zmiňovaných 150 g byl účinek opačný (LIVESEY, 2011).

## 7.3 Vysoký krevní tlak

Vysoký krevní tlak (hypertenze) je onemocnění jehož prevalence celosvětově roste, a to především v zemích s rozvinutým hospodářstvím. V USA se výskyt hypertenze na začátku minulého století odhadoval na 5–10 %, v současné době tímto onemocněním trpí přibližně 31 % Američanů. Jedním z největších problémů civilizovaných zemí je, že hypertenze nepostihuje pouze dospělou populaci, ale stále více postihuje i adolescenty (obrázek č. 12) (*Postgraduální Nefrologie*, 2010).

**Obrázek 12.** Prevalence hypertenze u dětí v USA



*Převzato z: MCCRINDLE, 2010*

Americká studie se zabývala vztahem mezi fruktózou přijatou ze slazených nápojů a zvýšeným krevním tlakem. Žádný účastník na začátku této studie zvýšeným krevním tlakem netrpěl. Průměrný příjem fruktózy byl 74 g/den, takové množství fruktózy odpovídá cca dvěma a půl plechovkám slazených nápojů. Skupina respondentů, která denně konzumovala více než uvedených 74 g fruktózy zaznamenala na konci studie zvýšený krevní tlak. Tyto výsledky naznačují, že zvýšený příjem fruktózy ve formě přidaného cukru vede ke zvýšení krevního tlaku u osob netrpících hypertenzí (JALAL et al., 2010).

## 7.4 Obezita

Aby bylo možné zhodnotit vztah mezi konzumací fruktózy a obezitou, je důležité vzít v potaz roli, kterou hraje fruktóza z hlediska celkového energetického příjmu daného jedince. Fruktóza má nižší glykemický index než glukóza (tabulka č. 6). Dá se tedy předpokládat, že fruktóza nevyvolá takový pocit nasycení, ten následně povede ke konzumaci další potravy a tím i k vyššímu energetickému příjmu.

Konzumace slazených nápojů může být spojována se změnou konzumace jiných nápojů, jako je čaj, káva nebo mléko, a tím i s možnými zdravotními následky. Například nahrazení mléka slazenými nápoji může mít škodlivý vliv na metabolismus vápníku a na zdraví kostí (KRISTENSEN et al., 2005).

**Tabulka 6.** Glykemický index glukózy a fruktózy

<b>Cukr</b>	<b>Glykemický index</b>
Glukóza	100
Laktóza	46
Fruktóza	19

**Zdroj dat:** <http://fityou.cz/glykemicky-index-potravin/>

Tappy a Lê (2010) hodnotili vztah mezi tělesnou hmotností a slazenými nápoji u dětí a dospívajících. Většina studií, které zkoumali, potvrdila pozitivní vztah mezi těmito dvěma faktory. Zdůrazňují ale, že se tyto zkoumané studie musí interpretovat s opatrností, protože spotřeba slazených nápojů je ovlivněna dalšími faktory, jako je socioekonomický stav či vzdělání. Dále může být konzumace slazených nápojů spojována s fyzickou aktivitou (sportovní nápoje). Několik studií, které zkoumali, dokonce poukazuje na nepřímý vztah mezi celkovou spotřebou sacharózy (ze všech zdrojů) a tělesnou hmotností. To ovšem nelze považovat za ukazatel, že konzumace cukru má pozitivní vliv na snížení tělesné hmotnosti. To vysvětlují jinými proměnnými, odkazují se na studii, při které bylo prokázáno, že děti, jejichž strava obsahovala vysoký podíl cukru jedli méně tuku a masa než ti, jejichž strava byla na cukry chudší.

## 7.5 Cukrovka

Vzhledem k tomu, že má fruktóza podobnou chuť jako sacharóza, a protože fruktóza nezpůsobuje tak rychlý nárůst glykémie jako glukóza a ostatní sacharidy (tabulka č. 6), zdá se být fruktóza ideálním sladidlem pro diabetiky.

Stopové dávky fruktózy (v mg) mohou zlepšit hladinu glukózy v krvi u pacientů trpících cukrovkou, avšak mají vliv na vznik dalších složek metabolického syndromu. To dělá z fruktózy nevhodnou alternativu cukru pro diabetiky, tento názor zastává i Americká asociace diabetiků (DIABETES CARE, 2002).

Studie z roku 2014 prováděná Beth Israel Deaconess Medical Center prokázala zvýšené riziko vzniku cukrovky vlivem fruktózy u zdravých jedinců. Jelikož si byl jejich organismus schopný vybudovat vůči fruktóze rezistenci, byla zkonsumovaná fruktóza zpracovávána pomalu či nepravidelně. Výsledkem toho může být poškození jater a jejich ztučnění.

Jiná studie, která se zabývala výskytem rakoviny a kardiovaskulárních chorob u žen rozdělila respondenty do tří skupin. První skupina dostávala nízké dávky aspirinu, druhá skupina vitamin E a třetí skupina dostávala pouze placebo. Přestože primárním cílem studie bylo vyhodnocení výskytu rakoviny a kardiovaskulárních chorob vlivem konzumace cukru, každý účastník poskytl podrobné informace o svém stravování. To umožnilo zhodnotit vliv konzumace cukru na následné riziko vývoje cukrovky 2. typu. Zjistilo se, že relativní riziko vzniku cukrovky nebylo odlišné při nejnižším a nejvyšším příjmu cukru. Nepřítomnost zvýšeného relativního rizika vzniku cukrovky byla pozorována také tehdy, když byla analýza omezena pouze na příjem fruktózy (JANKET et al., 2003).

Další studie poskytla informace potřebné k vyhodnocení vztahu mezi konzumací ovoce a ovocných šťáv s následným výskytem cukrovky. Výsledky naznačují, že příjem ovoce byl spojen s nižším výskytem cukrovky, zatímco konzumace ovocných šťáv byla spojována s výskytem vyšším (BAZZANO et al., 2008).

Výsledky studií nejsou jednoznačné. Předpokládá se, že ke zvýšenému riziku vzniku cukrovky dochází tehdy, pokud je fruktóza přijímána spolu s glukózou. Dalším faktorem, který může mít vliv na vznik cukrovky 2. typu je tělesná hmotnost – rizikovější je obézní populace. Také přítomnost vlákniny, která se vyskytuje v celém ovoci, avšak v ovocných šťávách a džusech je její množství výrazně menší, může mít vliv na vstřebávání fruktózy a následný vznik cukrovky (MONTONEN et al., 2007).

## 7.6 Srdeční onemocnění

Kardiovaskulární onemocnění (CVD) je jedna z nejčastějších příčin úmrtí v USA i ve světě. Až za 37 % roční úmrtnosti v USA je zodpovědné právě srdeční onemocnění (YOO et al., 2017).

Řada studií prokázala, že strava s vysokým obsahem jednoduchých cukrů (> 20 % denního kcal příjmu) může vést ke zvýšení hladiny TG, což je známý rizikový faktor pro vznik kardiovaskulárního onemocnění (AEBERLI et al., 2011; STANHOPE et al., 2011; BANTLE 1993).

Studie zahrnující 355 mužů a žen ve věku 20 až 60 let, kteří konzumovali buď 8 %, 18 % nebo 30 % kcal pocházejících z HFCS nebo sacharózy vedlo k významnému 10% zvýšení triglyceridů. Tento účinek byl pozorován především u skupiny konzumující nejvyšší množství přidaných cukrů (30 %) (LOWNDES et al., 2014).

Vztah mezi fruktózou, HFCS, sacharózou a kardiovaskulárním onemocněním však zůstává kontroverzní. Dosavadní studie přinesly rozdílné výsledky při srovnávání běžné konzumace cukrů na riziko vzniku CVD. Nicméně většina studií, které prokázaly zvýšené riziko vzniku CVD z přidaných cukrů, vychází z konzumace nepřírodně velkého množství cukrů obsahujících fruktózu (> 95 %) (RIPPE et al., 2015).

## 7.7 Steatóza jater

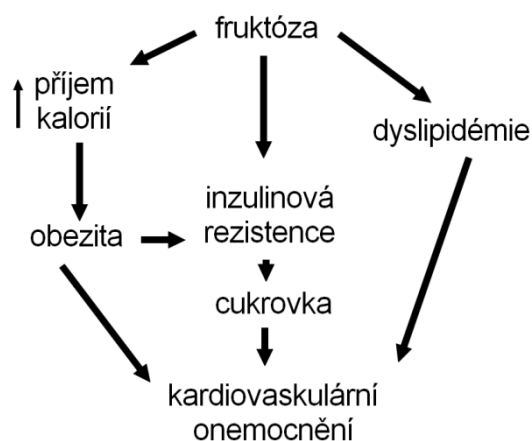
Studií, které by se zabývaly vztahem mezi konzumací fruktózy a steatózou jater není mnoho. Bylo zjištěno, že příjem fruktózy byl u nemocných pacientů téměř dvakrát vyšší (> 90 g/ den) než u pacientů, kteří touto nemocí netrpěli ( $\leq 45$  g) (OUYANG et al., 2008).

Jiná studie zjistila, že pacienti trpící steatózou konzumují ve srovnání se zdravými jedinci mnohem více slazených nápojů. U těchto pacientů byla konzumace slazených nápojů, v porovnání s ostatními faktory, nejpravděpodobnějším důvodem pro ukládání tuku v játrech (ASSY et al., 2008).

## Shrnutí role fruktózy při vzniku metabolického syndromu

Výsledky studií, které se zabývají vztahem mezi konzumací fruktózy a jednotlivými komponenty metabolického syndromu nejsou jednotné. To lze vysvětlit tím, že příjem fruktózy, z ovocných šťáv či slazených nápojů nebyl zkoumán individuálně, čímž dochází k nepřesnostem, co se týče jejího celkového denního příjmu. Navíc, fruktóza bývá jen zřídka konzumována samostatně, ve většině případů je přijímána buď jako sacharóza nebo HFCS, čímž dochází i ke změnám v příjmu glukózy. Ostatní vlivy na zdraví člověka, jako jsou například fyzická aktivita či příjem dalších živin, životní styl apod., jsou také důležité a těžko kontrolovatelné. Vzhledem k těmto a dalším proměnným, které mohou mít na výsledky studií vliv, bude potřeba provést studie další. Tyto studie by měly pozorovat vliv sníženého příjmu fruktózy u osob, které jí konzumují ve vyšším množství. V současné době krátkodobé intervenční studie naznačují, že vysoký příjem fruktózy obsažené v nealkoholických nápojích, slazených šťávách nebo pekárenských výrobcích, může zvýšit riziko vzniku metabolických a kardiovaskulárních onemocnění. (TER HORST et al., 2017).

**Obrázek 13.** Potenciální vztah mezi zvýšenou konzumací fruktózy a vznikem různých onemocnění



*Převzato z: Fructose Consumption, Lipogenesis, and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. Nutrients*

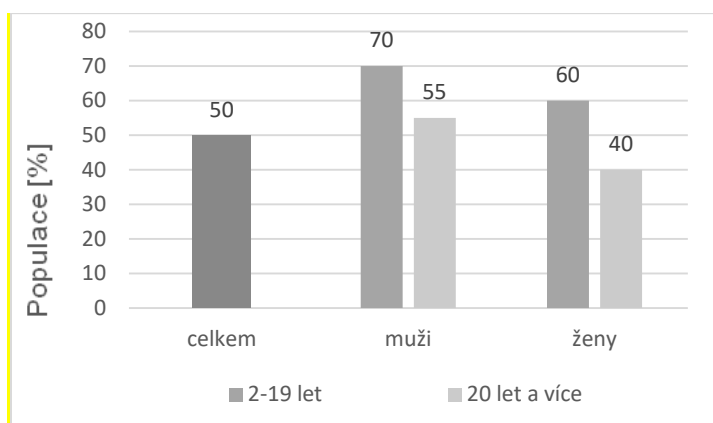
*(TER HORST Kasper W., SERLIE Mireille J., 2017)*



## 8 Problematika konzumace slazených nápojů

Kalorická hodnota slazených nápojů, které denně vypije průměrný obyvatel USA, tvoří přibližně 140–150 kcal, což odpovídá 7-9 % z celkového doporučeného energetického příjmu při předpokládaném denním příjmu 2000 kcal. Kalorie přijaté z nápojů nezasytí člověka tolik, jako jídlo se stejnou kalorickou hodnotou, a tak dochází k příjmu další energie v podobě pevného jídla. (BLEICH et al., 2009; SOENEN et al., 2007).

**Obrázek 14.** Procentuální zastoupení populace USA pijící slazené nápoje denně



*Převzato z: [https://www.cdc.gov/nchs/images/databriefs/51-100/db71\\_fig2.png](https://www.cdc.gov/nchs/images/databriefs/51-100/db71_fig2.png)*

Studie zjistila, že příjem 50 g fruktózy za den nemá žádné negativní účinky na lidský organismus. Toto množství odpovídá přibližně 1 litru Coca-Coly slazené sacharózou. Takové množství tohoto nápoje obsahuje přibližně 427 kcal, které při doporučeném denním příjmu 2000 kcal tvoří téměř jeho čtvrtinu. Již bylo zmíněno, že energie přijatá z nápojů nevyvolá pocit nasycení. Proto je konzumace slazených nápojů doplněna o další energii přijatou z potravy, dochází k energetické nerovnováze jedince a ke vzniku obezity. (BRAY et al., 2004).

Horní mez nezávadného příjmu fruktózy byla ve výše zmíněné studii stanovena na 100 g/den, což by tvořilo přibližně 20 % z celkového energetického příjmu jedince. Bylo zjištěno, že pokud je denní příjem tvořen z 10 % cukrem (dle doporučení WHO), v tomto případě fruktózou, sacharózou či HFCS, nedochází k negativním vlivům na metabolismus tuků nebo hladinu triglyceridů. Když byly dávky zvýšeny na 25 %, došlo ke zvýšení tělesné hmotnosti. Zvýšený příjem fruktózy podporoval tvorbu viscerálního tuku, zatímco glukóza měla vliv na vznik tuku podkožního (BRAY et al., 2004).

Zmiňovaná studie stanovila hranici nezávadného příjmu fruktózy na 100 g/den. Na základě současného výzkumu však nelze doporučit konkrétní denní příjem fruktózy. Obecně je za neškodné považováno množství 50-150 g/den, avšak mělo by být jen orientační a sloužit za předpokladu, že jedinec netrpí žádnou intolerancí fruktózy (BRAY et al., 2004).

## **9 Prevence a léčba metabolického syndromu**

Změny v životním stylu včetně zdravé stravy a zvýšené tělesné aktivity by měly být hlavním faktorem při léčbě metabolického syndromu. Úspěšná dietní strategie zahrnuje:

- omezení příjmu energie vedoucí k úbytku tělesné hmotnosti,
- manipulace s makroživinami – buď prostřednictvím omezení sacharidů, tuků nebo zvýšením příjmu prospěšných mastných kyselin,
- začlenění funkčních potravin a bioaktivních živin.

### **9.1 Výživa v prevenci a léčbě metabolického syndromu**

V souvislosti s výživou a léčbou metabolického syndromu se můžeme setkat s několika látkami či potravinami, kterým se přisuzují léčivé vlastnosti.

#### **9.1.1 Resveratrol**

Bylo zjištěno, že resveratrol, přírodní sloučenina nacházející se v hroznovém vínu či arašidech, má u hlodavců pozitivní vliv na některé komponenty metabolického syndromu jako je inzulinová rezistence, zvýšené množství triglyceridů či vysoký krevní tlak. U lidí podávání 500 mg resveratrolu třikrát denně před jídlem po dobu 90 dnů pozitivně ovlivňuje ztrátu tělesné hmotnosti a snížení BMI. (BREMER, 2014).

Studie se zabývala vlivem resveratrolu na léčbu metabolického syndromu u mužů středního věku. Léčba resveratrolem nezlepšila glukózovou homeostázu, neměla vliv na snížení krevního tlaku nebo obsahu jaterních lipidů. Naopak došlo k významnému zvýšení hladiny celkového cholesterolu a LDL cholesterolu ve srovnání s kontrolní skupinou (KJÆR, 2017).

Vzhledem k odlišným výsledkům jednotlivých studií nelze zatím prokázat pozitivní vliv resveratrolu při léčbě metabolického syndromu.

## 9.1.2 Vlákna

Vlákna je definována jako komplex sestávající se z nerozpustných sacharidů a ligninu, funkční vlákna skládající se z izolovaných, nestravitelných sacharidů, které mají prospěšné fyziologické účinky na lidské tělo a celkové vlákna, která je souhrnem obou předešlých (TUNGLAND et MEYER, 2002).

Ke zlepšení jednotlivých složek metabolického syndromu došlo při konzumaci potravin bohatých na vlákna. U dospělých s nadváhou bylo prokázáno, že konzumace luštěnin (fazole, čočka, cizrna, žlutý hrášek) po dobu 8 týdnů je účinnější při zvyšování HDL cholesterolu a C-peptidu v porovnání se snížením přijaté energie (-500 kcal/den). Obě tyto dietní omezení zlepšily hodnoty obvodu pasu a systolického krevního tlaku a došlo ke zlepšení citlivosti na inzulín. Je zajímavé, že omezení energetického příjmu bylo účinnější při snižování hladiny inzulínu u žen, zatímco dieta bohatá na vlákna byla účinnější při snižování hladiny inzulínu u mužů (PAPATHANASOPOULOS, 2010).

Vláknině se při léčbě metabolického syndromu přisuzuje podstatná role. Její přítomnost snižuje rychlost vstřebávání sacharidů v tenkém střevě, tedy i fruktózy, čímž snižuje její negativní vliv na lidský organismus. Doporučený denní příjem vlákniny je stanoven na 20-30 g. Mezi potraviny bohaté na vlákna patří například otruby nebo celozrnné pečivo, přesnější hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 7 (SLAVIN, 2005).

**Tabulka 7.** Obsah vlákniny na 100 g potravin

Potravina	Obsah vlákniny v g/100 g
Otruby	15 g
Luštěniny v suchém stavu (průměr)	15 g
Celozrnná mouka	12 g
Ořechy (průměr)	10 g
Těstoviny v suchém stavu	7 g
Rýže natural v suchém stavu	5 g
Ovoce (průměr)	3 g
Zelenina (průměr)	2 g

*Zdroj dat:* <http://www.stob.cz/cs/jake-jsou-nejlepsi-zdroje-vlakniny>

### 9.1.3 Antokyany

Antokyany jsou tmavě zbarvené pigmenty nacházející se v ovoci a zelenině. Bohatými zdroji antokyanů jsou jahody, třešně, broskve, hrozny, jablka, švestky, tmavě zbarvená zelenina, jako je červená cibule, ředkvička, fazole, lilek, červené zelí, a fialová kukuřice (VALENTI et al., 2013).

Myším, u kterých byl zjištěn metabolický syndrom, byl suplementován kyanidin-3-glukosid, antokyan, který se nachází ve velkém množství v černém bezu (794.13 mg/100 g). Po 5 týdnech nedošlo ke změně tělesné hmotnosti, ale došlo ke snížení hmotnosti jater. Dále došlo ke snížení koncentrace glukózy v krvi nalačno, zlepšení tolerance vůči glukóze a citlivosti na inzulín (GUO et al., 2012).

Dospělým pacientům se po dobu 6 týdnů podávaly ovocné nápoje obsahující 22,5 g borůvkového prášku. Nedošlo u nich ke změně tělesné hmotnosti, BMI, tělesného tuku, ale bylo prokázáno zlepšení jejich citlivosti na inzulín (STULL et al., 2010).

Antokyany podle výsledků studií sice neovlivňují tělesnou hmotnost, avšak zlepšují citlivost na inzulín. Doporučený denní příjem antokyanů neexistuje pro Evropu ani USA, Čína udává hodnoty 50 mg/den. I přes to Evropský úřad pro bezpečnost potravin tvrdí, že normální strava nemusí obsahovat dostatek antokyanů, a tak by bylo vhodné si jejich denní příjem hlídat nebo používat suplementy, které pomohou požadovaného příjmu dosáhnout.

### 9.1.4 Káva a kofein

Káva je bohatým zdrojem kofeinu, kyseliny chlorogenové, trigonelinu a diterpenoidů kafestolu a kahveolu. Zpracovaná káva také obsahuje produkty Maillardovy reakce jako jsou aldehydy, ketony, dikarboonyly, akryly, amidy a heterocyklické aminy spolu s polymerními produkty jako jsou například melanoidiny. Melanoidiny dodávají kávě typickou hnědou barvu, strukturu a chuť. Také mohou působit jako probiotika, v tlustém střevě bývají fermentovány střevní mikroflórou, což vede ke zvýšení bifidobakterií v tlustém střevě (BROWN et al., 2015).

U myší, které byly krmeny stravou bohatou na tuky došlo po podávání kávy ke snížení tělesné hmotnosti, tuku a množství triglyceridů v játrech a došlo ke zlepšení jejich střevní mikroflóry. Konzumace kávy u nich však způsobila zvýšení koncentrace glukózy v krvi (COWAN et al., 2014).

Kofein, alkaloid nacházející se v mnoha dietních výrobcích, je jedním z nejvíce studovaných psychoaktivních léků, protože je účinným stimulatorem nervového systému (GLADE, 2010).

Podávání kofeinu po dobu 8 týdnů způsobilo u myší, které byly krmeny stravou bohatou na sacharidy a tuky, snížení tělesné hmotnosti, systolického krevního tlaku, tělesného tuku a došlo u nich ke zlepšení funkce jater a srdce (PANCHAL et al., 2012).

Tři experimentální studie na zvířatech zkoumaly účinky kávy na metabolický syndrom, zatímco pět dalších zkoumalo, zda konzumace kávy může pozitivně ovlivnit steatózu jater. Veškeré studie na zvířatech prokázaly pozitivní vliv konzumace kávy na tato dvě onemocnění (YESIL et YIMLAZ, 2013).

Studie prokázaly, že příjem kávy může snížit riziko vzniku metabolického syndromu a steatózy jater. I přes tyto zdravotní benefity, které pití kávy přináší, je kofein obsažený v kávě návykovou látkou, a tak je nutné si jeho příjem hlídat. 200-300 mg kofeinu bylo stanoveno jako nezávadné denní množství (YESIL et YIMLAZ, 2013).

## **9.2 Obecná doporučení**

Z dostupných studií je zřejmé, že změnou stravy a životního stylu může dojít k významnému zlepšení metabolického syndromu. Dosáhnout se toho dá omezením přijaté energie, složením stravy či příjmem funkčních potravin. Těmito změnami lze dosáhnout zmírnění projevu jednotlivých složek metabolického syndromu, včetně abdominální obezity, vysoké hladiny glukózy v krvi, zvýšeného množství triglyceridů, zvýšeného krevního tlaku, inzulinové rezistence, dyslipidémie, sníženého HDL cholesterolu a dalších zdravotních komplikací, které metabolický syndrom doprovází.

## 10 Závěr

Rostoucí využití fruktózy, především v nápojovém průmyslu, přitahuje pozornost k jejím potenciálně škodlivým účinkům na lidské zdraví. Nemoci jako dyslipidémie, obezita, inzulinová rezistence či cukrovka 2. typu jsou se zvýšenou konzumací fruktózy spojovány. Všechny tyto nemoci jsou spojovány s metabolickým syndromem, představujícím rizikový faktor pro vznik kardiovaskulárních onemocnění, které jsou velmi častou příčinou úmrtí v hospodářsky vyspělých zemích.

Za faktor, který ovlivňuje rostoucí počet obyvatelstva trpícího obezitou je považována kombinace zvýšené konzumace HFCS za současného snížení fyzické aktivity. Přestože HFCS není považován za jediný faktor zodpovědný za nadváhu, strava může vývoj obezity silně ovlivnit. Jedná se zejména o konzumaci slazených nápojů, jejichž omezený příjem může být její vhodnou prevencí.

Vývoj metabolických onemocnění, jako je například cukrovka 2. typu, trvá několik let. Z dlouhodobého hlediska lze předpokládat, že pravidelný příjem většího množství fruktózy přispívá k rozvoji poruch metabolismu lipidů, viscerální obezity, steatózy jater, následné inzulinové rezistence, cukrovky a metabolického syndromu. Jaké množství fruktózy se dá označit za větší lze těžko posoudit. Za bezpečné je považováno 50 g fruktózy denně.

V souvislosti s ochranou spotřebitele je zapotřebí zdostupnit informace o množství fruktózy v nápojích a pokrmech, které se zatím schovává pod pojmem „sacharidy – z toho cukry.“

Zdravotní rizika související s konzumací fruktózy nejsou mezi širokou veřejností zatím dostatečně známá. Naopak je fruktóza stále spojována s pojmem „zdravější volba,“ což s největší pravděpodobností pochází z používání fruktózy jakožto alternativního sladidla pro diabetiky. Důkazem, že tomu tak nemusí být, jsou studie prezentované v této práci.

Na druhou stranu se zdá, že rizika vzniku metabolického syndromu nejsou spojována s konzumací přírodních zdrojů fruktózy jako je ovoce a med. Abychom dosáhli hranice rizikových hodnot pro příjem fruktózy (100-150 g/den), museli bychom zkonzumovat minimálně 1,5 kg jablek nebo 300-400 g sušeného ovoce, což se v porovnání s konzumací slazených nápojů jeví v reálném životě málo pravděpodobné. Současně by v tomto kontextu měl být pozorován vliv vlákniny, jejíž obsah je o poznání nižší ve slazených nápojích než v čerstvém ovoci, jehož konzumací získá naše tělo mnohem více prospěšných látek. Zde se jeví do budoucna prostor pro další výzkumné studie zaměřené na tuto oblast.

## 11 Seznam použité literatury

- **AEBERLI, Isabelle, Philipp A GERBER, Michel HOCHULI, et al.** Low to moderate sugar-sweetened beverage consumption impairs glucose and lipid metabolism and promotes inflammation in healthy young men: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2011, 94(2), 479-485 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.3945/ajcn.111.013540. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/94/2/479/4597872>
- **ALBERTI, K George MM, Paul ZIMMET a Jonathan SHAW.** The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *The Lancet*(online). 2005, 366(9491), 1059-1062 (cit. 2017-12-02). DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67402-8. ISSN 01406736. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673605674028>
- **ALBERTI, K George MM, Paul ZIMMET a Jonathan SHAW.** Metabolic syndrome—a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine* (online). 2006, 23(5), 469-480 (cit. 2017-12-02). DOI: 10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x. ISSN 0742-3071. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x>
- **ASSY, Nimer et al.** “Soft Drink Consumption Linked with Fatty Liver in the Absence of Traditional Risk Factors.” *Canadian Journal of Gastroenterology* 22.10 (2008): 811–816. Print.
- **BAGUL, Pankaj K., Harish MIDDELA, Saidulu MATAPALLY, et al.** Attenuation of insulin resistance, metabolic syndrome and hepatic oxidative stress by resveratrol in fructose-fed rats. *Pharmacological Research* [online]. 2012, 66(3), 260-268 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1016/j.phrs.2012.05.003. ISSN 10436618. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043661812001119>
- **BANTLE, John P.** Metabolic Effects of Dietary Fructose and Sucrose in Types I and II Diabetic Subjects. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* [online]. 1986, 256(23), 3241- [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1001/jama.1986.03380230065027. ISSN 0098-7484. Dostupné z: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.1986.03380230065027>

- **BAZZANO, L. A., T. Y. LI, K. J. JOSHIPURA a F. B. HU.** Intake of Fruit, Vegetables, and Fruit Juices and Risk of Diabetes in Women. *Diabetes Care* [online]. 2008, **31**(7), 1311-1317 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.2337/dc08-0080. ISSN 0149-5992. Dostupné z: <http://care.diabetesjournals.org/cgi/doi/10.2337/dc08-0080>
- **BENJAMIN, Emelia J., Michael J. BLAHA, Stephanie E. CHIUVE, et al.** Heart Disease and Stroke Statistics—2017 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation* [online]. 2017, **135**(10), e146-e603 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000485. ISSN 0009-7322. Dostupné z: <http://circ.ahajournals.org/lookup/doi/10.1161/CIR.0000000000000485>
- **BETH ISRAEL DEACONESS MEDICAL CENTER.** Paving the way for a fructose tolerance test [online]. 2014, 1-2 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedaily.com/releases/2014/10/141013123018.htm>
- **BLEICH, Sara N, Y Claire WANG, Youfa WANG a Steven L GORTMAKER.** Increasing consumption of sugar-sweetened beverages among US adults: 1988–1994 to 1999–2004. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2009, **89**(1), 372-381 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26883. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/89/1/372/4598265>
- **BOGDANOV, Stefan, Tomislav JURENDIC, Robert SIEBER a Peter GALLMANN.** Honey for Nutrition and Health: A Review. *Journal of the American College of Nutrition* [online]. 2008, **27**(6), 677-689 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.1080/07315724.2008.10719745. ISSN 0731-5724. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2008.10719745>
- **BOLTON-SMITH C, WOODWARD M.** Dietary composition and fat to sugar ratios in relation to obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 18: 820–828, 1994.
- **BRAY, George A.** How bad is fructose?. *The American journal of clinical nutrition*, 2007, 86.4: 895-896.
- **BRAY, George A, Samara Joy NIELSEN a Barry M POPKIN.** Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2004, **79**(4), 537-543 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/ajcn/79.4.537. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/79/4/537/4690128>



- **BREMER, Andrew A.** Resveratrol Use in Metabolic Syndrome. *Metabolic Syndrome and Related Disorders* [online]. 2014, **12**(10), 493-495 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1089/met.2014.1505. ISSN 1540-4196. Dostupné z: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/met.2014.1505>
- **BREMER, A. A., M. MIETUS-SNYDER a R. H. LUSTIG.** Toward a Unifying Hypothesis of Metabolic Syndrome. *PEDIATRICS* [online]. 2012, **129**(3), 557-570 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.1542/peds.2011-2912. ISSN 0031-4005. Dostupné z: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2011-2912>
- **BROWN, L., H. POUDYAL a S. K. PANCHAL.** Functional foods as potential therapeutic options for metabolic syndrome. *Obesity Reviews* [online]. 2015, **16**(11), 914-941 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1111/obr.12313. ISSN 14677881. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/obr.12313>
- **CHOI, Hyon K a Gary CURHAN.** Soft drinks, fructose consumption, and the risk of gout in men: prospective cohort study. *BMJ* [online]. 2008, **336**(7639), 309-312 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1136/bmj.39449.819271.BE. ISSN 0959-8138. Dostupné z: <http://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.39449.819271.BE>
- **COWAN TE, PALMNÄS MSA, YANG J et al.** Chronic coffeeconsumption in the diet-induced obese rat: impact on gutmicrobiota and serum metabolomics. *J Nutr Biochem* 2014; 25:489–495.
- **ČSÚ.** Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok) [online]. 1-6 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/45565376/2701391701.pdf/0ac2fb94-6722-4b36-92c8-5d047f0953c7?version=1.0>
- **DAS, Undurti N.** Sucrose, fructose, glucose, and their link to metabolic syndrome and cancer. *Nutrition*. 2015, 31(1), 249-257. DOI: 10.1016/j.nut.2014.05.015. ISSN 08999007. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900714002822>
- **DELARUE, J., et al.** The contribution of naturally labelled <sup>13</sup>C fructose to glucose appearance in humans. *Diabetologia*, 1993, 36.4: 338-345.

- **FAEH, D., K. MINEHIRA, J.-M. SCHWARZ, R. PERIASAMY, S. PARK a L. TAPPY.** Effect of Fructose Overfeeding and Fish Oil Administration on Hepatic De Novo Lipogenesis and Insulin Sensitivity in Healthy Men. *Diabetes* [online]. 2005, **54**(7), 1907-1913 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.2337/diabetes.54.7.1907. ISSN 0012-1797. Dostupné z: <http://diabetes.diabetesjournals.org/cgi/doi/10.2337/diabetes.54.7.1907>
- **FARRIS, Rosanne P., Theresa A. NICKLAS, Leann MYERS a Gerald S. BERENSON.** Nutrient Intake and Food Group Consumption of 10-Year-Olds by Sugar Intake Level: The Bogalusa Heart Study. *Journal of the American College of Nutrition* [online]. 1998, **17**(6), 579-585 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1080/07315724.1998.10718806. ISSN 0731-5724. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.1998.10718806>
- **FUNG, Teresa T, Vasanti MALIK, Kathryn M REXRODE, JoAnn E MANSON, Walter C WILLETT a Frank B HU.** Sweetened beverage consumption and risk of coronary heart disease in women. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2009, **89**(4), 1037-1042 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/ajcn.2008.27140. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/89/4/1037/4596711>
- **GAMI, Apoor S., Brandi J. WITT, Daniel E. HOWARD, Patricia J. ERWIN, Lisa A. GAMI, Virend K. SOMERS a Victor M. MONTORI.** Metabolic Syndrome and Risk of Incident Cardiovascular Events and Death. *Journal of the American College of Cardiology (online)*. 2007, **49**(4), 403-414 (cit. 2017-12-02). DOI: 10.1016/j.jacc.2006.09.032. ISSN 07351097. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109706026581>
- **GLADE, Michael J.** Caffeine—Not just a stimulant. *Nutrition* [online]. 2010, **26**(10), 932-938 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1016/j.nut.2010.08.004. ISSN 08999007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900710002510>
- **GUO, Honghui, Min XIA, Tangbin ZOU, Wenhua LING, Ruimin ZHONG a Weiguo ZHANG.** Cyanidin 3-glucoside attenuates obesity-associated insulin resistance and hepatic steatosis in high-fat diet-fed and db/db mice via the transcription factor FoxO1. *The Journal of Nutritional Biochemistry* [online]. 2012, **23**(4), 349-360 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2010.12.013. ISSN 09552863. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0955286311000428>

- **HUANGFU, P. & PIKHART, H. & PEASEY, A.** (2014). Healthy diet indicator score and metabolic syndrome in the Czech Republic, Russia, and Poland: cross-sectional findings from the HAPIEE study. *J Epidemiol Community Health*
- **JAFFE, R.** Diabetes as an Immune Dysfunction Syndrome. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes* [online]. Elsevier, 2013, 2013, s. 41-52 [cit. 2018-04-12]. DOI: 10.1016/B978-0-12-397153-1.00004-4. ISBN 9780123971531. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123971531000044>
- **JALAL, D. I., G. SMITS, R. J. JOHNSON a M. CHONCHOL.** Increased Fructose Associates with Elevated Blood Pressure. *Journal of the American Society of Nephrology* [online]. 2010, **21**(9), 1543-1549 [cit. 2018-04-14]. DOI: 10.1681/ASN.2009111111. ISSN 1046-6673. Dostupné z: <http://www.jasn.org/cgi/doi/10.1681/ASN.2009111111>
- **JAMESON, J. Larry.** Endocrinology: adult & pediatric. 7th edition. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2016. ISBN 9780323189071.
- **JANKET, S.-J., J. E. MANSON, H. SESSO, J. E. BURING a S. LIU.** A Prospective Study of Sugar Intake and Risk of Type 2 Diabetes in Women. *Diabetes Care* [online]. 2003, **26**(4), 1008-1015 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.2337/diacare.26.4.1008. ISSN 0149-5992. Dostupné z: <http://care.diabetesjournals.org/cgi/doi/10.2337/diacare.26.4.1008>
- **JOHNSON, J.M. a F.D. CONFORTI.** FRUCTOSE. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (online). Elsevier, 2003, s. 2748-2752 (cit. 2017-10-31). DOI: 10.1016/B0-12-227055-X/00529-0. ISBN 9780122270550. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B012227055X005290>
- **JONES, Hilary F., Ross N. BUTLER a Doug A. BROOKS.** Intestinal fructose transport and malabsorption in humans. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology* [online]. 2011, **300**(2), G202-G206 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1152/ajpgi.00457.2010. ISSN 0193-1857. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpgi.00457.2010>
- **KAMAL, Mohammad A. a Peter KLEIN.** Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi Journal of Biological Sciences*(online). 2011, **18**(1), 17-21 (cit. 2017-11-06). DOI: 10.1016/j.sjbs.2010.09.003. ISSN 1319562x. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1319562X10001038>

- **KANG, Inhae, Teresa BUCKNER, Neil F SHAY, Liwei GU a Soonkyu CHUNG.** Improvements in Metabolic Health with Consumption of Ellagic Acid and Subsequent Conversion into Urolithins: Evidence and Mechanisms. *Advances in Nutrition* [online]. 2016, 7(5), 961-972 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/an.116.012575. ISSN 2156-5376. Dostupné z: <https://academic.oup.com/advances/article/7/5/961/4616729>
- **KASTORINI, Christina-Maria, Haralampos J. MILIONIS, Katherine ESPOSITO, Dario GIUGLIANO, John A. GOUDEVENOS a Demosthenes B. PANAGIOTAKOS.** The Effect of Mediterranean Diet on Metabolic Syndrome and its Components. *Journal of the American College of Cardiology* (online). 2011, 57(11), 1299-1313 (cit. 2017-12-02). DOI: 10.1016/j.jacc.2010.09.073. ISSN 07351097. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109710050679>
- **KAZUMI, T., M. VRANIC a G. STEINER.** Triglyceride kinetics: effects of dietary glucose, sucrose, or fructose alone or with hyperinsulinemia. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*[online]. 1986, 250(3), E325-E330 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1152/ajpendo.1986.250.3.E325. ISSN 0193-1849. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpendo.1986.250.3.E325>
- **KEENE, D., C. PRICE, M. J. SHUN-SHIN a D. P. FRANCIS.** Effect on cardiovascular risk of high density lipoprotein targeted drug treatments niacin, fibrates, and CETP inhibitors: meta-analysis of randomised controlled trials including 117 411 patients. *BMJ* [online]. 2014, 349(jul18 2), g4379-g4379 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1136/bmj.g4379. ISSN 1756-1833. Dostupné z: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.g4379>
- **KELSAY, June L., Kay M. BEHALL, Joanne M. HOLDEN a Elizabeth S. PRATHER.** Diets high in glucose or sucrose and young women<sup>1,2</sup>. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1974a, 27(9), 926-936 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/ajcn/27.8.926. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/27/9/926-936/4816081>
- **KELSAY, J. L., K. M. BEHALL a W. M. CLARK.** Glucose, fructose, lactate and pyruvate in blood and lactate and pyruvate in parotid saliva in response to sugars with and without other foods. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1974b, 27(8), 819-825 [cit. 2018-04-17]. DOI: 10.1093/ajcn/27.8.819. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/27/8/819/4732857>

- **KJÆR, Thomas Nordstrøm, Marie Juul ORNSTRUP, Morten Møller POULSEN, Hans STØDKILDE-JØRGENSEN, Niels JESSEN, Jens Otto Lunde JØRGENSEN, Bjørn RICHELSEN a Steen Bønløkke PEDERSEN.** No Beneficial Effects of Resveratrol on the Metabolic Syndrome: A Randomized Placebo-Controlled Clinical Trial. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. 2017, **102**(5), 1642-1651 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1210/jc.2016-2160. ISSN 0021-972X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jcem/article-lookup/doi/10.1210/jc.2016-2160>
- **KODÍČEK, M.** fruktosa. From *Biochemické pojmy : výkladový slovník*(online). Praha: VŠCHT Praha, 2007 (cit. 2017-10-31). Available from [www: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-002/ebook.html?p=fruktosa>](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=fruktosa)
- **KOLDERUP, Astrid a Birger SVIHUS.** Fructose Metabolism and Relation to Atherosclerosis, Type 2 Diabetes, and Obesity. *Journal of Nutrition and Metabolism* (online). 2015, 2015, 1-12 (cit. 2017-11-17). DOI: 10.1155/2015/823081. ISSN 2090-0724. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/jnme/2015/823081/>
- **KRISTENSEN, Mette, Marlene JENSEN, Jane KUDSK, Marianne HENRIKSEN a Christian MØLGAARD.** Short-term effects on bone turnover of replacing milk with cola beverages: a 10-day interventional study in young men. *Osteoporosis International*[online]. 2005, **16**(12), 1803-1808 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1007/s00198-005-1935-z. ISSN 0937-941X. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00198-005-1935-z>
- **KUČEROVÁ, Jindřiška, Miloš PELIKÁN a Luděk HŘIVNA.** Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-737-5088-6.
- **LAM, Patrick.** Effects of consuming dietary fructose versus glucose on de novo lipogenesis in overweight and obese human subjects. *Berkeley Scientific Journal*, 2011, 15.2.
- **LEBOVITZ, H.** Insulin resistance: definition and consequences. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes* [online]. 2001, **109**(Suppl 2), S135-S148 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.1055/s-2001-18576. ISSN 0947-7349. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2001-18576>

- **LIVESEY, Geoffrey.** More on Mice and Men: Fructose Could put Brakes on a Vicious Cycle Leading to Obesity in Humans. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2011, **111**(7), 986-990 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.1016/j.jada.2011.05.020. ISSN 00028223. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822311006353>
- **LOWNDES, Joshua, Stephanie SINNETT, Zhiping YU a James RIPPE.** The Effects of Fructose-Containing Sugars on Weight, Body Composition and Cardiometabolic Risk Factors When Consumed at up to the 90th Percentile Population Consumption Level for Fructose. *Nutrients* [online]. 2014, 6(8), 3153-3168 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.3390/nu6083153. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/6/8/3153>
- **MAILLARD, G, MA CHARLES, L LAFAY, et al.** Macronutrient energy intake and adiposity in non obese prepubertal children aged 5–11 y (the Fleurbaix Laventie Ville Santé Study). *International Journal of Obesity* [online]. 2000, **24**(12), 1608-1617 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1038/sj.ijo.0801446. ISSN 0307-0565. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/0801446>
- **MARRIOTT, Bernadette P., Nancy COLE a Ellen LEE.** National Estimates of Dietary Fructose Intake Increased from 1977 to 2004 in the United States. *The Journal of Nutrition* [online]. 2009, **139**(6), 1228S-1235S [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/jn.108.098277. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/139/6/1228S/4670461>
- **MCCRINDLE, Brian W.** Assessment and management of hypertension in children and adolescents. *Nature Reviews Cardiology* [online]. 2010, 7(3), 155-163 [cit. 2018-04-19]. DOI: 10.1038/nrcardio.2009.231. ISSN 1759-5002. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/nrcardio.2009.231>
- **MONTONEN, Jukka, Ritva JÄRVINEN, Paul KNEKT, Markku HELIÖVAARA a Antti REUNANEN.** Consumption of Sweetened Beverages and Intakes of Fructose and Glucose Predict Type 2 Diabetes Occurrence. *The Journal of Nutrition* [online]. 2007, **137**(6), 1447-1454 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/jn/137.6.1447. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/137/6/1447/4664795>

- **MOORE, Justin Xavier, Ninad CHAUDHARY a Tomi AKINYEMIJU.** Metabolic Syndrome Prevalence by Race/Ethnicity and Sex in the United States, National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–2012. *Preventing Chronic Disease* (online). 2017, 14, - (cit. 2017-12-02). DOI: 10.5888/pcd14.160287. ISSN 1545-1151. Dostupné z: [http://www.cdc.gov/pcd/issues/2017/16\\_0287.htm](http://www.cdc.gov/pcd/issues/2017/16_0287.htm)
- **MORAN, Timothy H.** Fructose and Satiety. *The Journal of Nutrition* [online]. 2009, **139**(6), 1253S-1256S [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/jn.108.097956. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/139/6/1253S/4670465>
- **NAVRÁTIL, Leoš.** Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory. 2., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0210-5.
- **O'DELL, B L.** Fructose and mineral metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1993, **58**(5), 771S-778S [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/ajcn/58.5.771S. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/58/5/771S/4732307>
- **OUYANG, Xiaosen, Pietro CIRILLO, Yuri SAUTIN, Shannon MCCALL, James L. BRUCHETTE, Anna Mae DIEHL, Richard J. JOHNSON a Manal F. ABDELMALEK.** Fructose consumption as a risk factor for non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology* [online]. 2008, **48**(6), 993-999 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1016/j.jhep.2008.02.011. ISSN 01688278. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168827808001645>
- **PANCHAL, Sunil K., Weng-Yew WONG, Kate KAUTER, Leigh C. WARD a Lindsay BROWN.** Caffeine attenuates metabolic syndrome in diet-induced obese rats. *Nutrition* [online]. 2012, **28**(10), 1055-1062 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1016/j.nut.2012.02.013. ISSN 08999007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900712000913>
- **PAPATHANASOPOULOS, Athanasios a Michael CAMILLERI.** Dietary Fiber Supplements: Effects in Obesity and Metabolic Syndrome and Relationship to Gastrointestinal Functions. *Gastroenterology* [online]. 2010, **138**(1), 65-72.e2 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1053/j.gastro.2009.11.045. ISSN 00165085. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016508509020629>

- **PARKER, Kay; SALAS, Michelle; NWOSU, Veronica C.** High fructose corn syrup: production, uses and public health concerns. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 2010, 5.5: 71-78.
- **PIMENTEL, Mark, Henry C. LIN, Pedram ENAYATI, et al.** Methane, a gas produced by enteric bacteria, slows intestinal transit and augments small intestinal contractile activity. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology* [online]. 2006, **290**(6), G1089-G1095 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1152/ajpgi.00574.2004. ISSN 0193-1857. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpgi.00574.2004>
- **REISER, S.** Effect of dietary sugars on metabolic risk factors associated with heart disease. *Nutrition and health*, 1985, 3.4: 203-216.
- **RIBY, J E, T FUJISAWA a N KRETCHMER.** Fructose absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1993, **58**(5), 748S-753S [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/ajcn/58.5.748S. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/58/5/748S/4732304>
- **RIDKER PM.** Fibrinolytic and inflammatory markers for arterial occlusion: the evolving epidemiology of thrombosis and hemostasis. *Thromb Haemost* 78: 53–59, 1997.
- **RIZKALLA, S.W.** Health implications of fructose consumption: A review of recent data. *Nutrition and Metabolism*. 2010, roč. 7, č. 82, s. 1-17.
- **SÁNCHEZ-LOZADA ET AL.** How safe is fructose for persons with or without diabetes?, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 88, Issue 5, 1 November 2008, Pages 1189–1190, <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26812>
- **SHIMOMURA, Iichiro, Yuriy BASHMAKOV a Jay D. HORTON.** Increased Levels of Nuclear SREBP-1c Associated with Fatty Livers in Two Mouse Models of Diabetes Mellitus. *Journal of Biological Chemistry* [online]. 1999, **274**(42), 30028-30032 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1074/jbc.274.42.30028. ISSN 0021-9258. Dostupné z: <http://www.jbc.org/lookup/doi/10.1074/jbc.274.42.30028>
- **SHULMAN, Gerald I.** Cellular mechanisms of insulin resistance. *Journal of Clinical Investigation* [online]. 2000, **106**(2), 171-176 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1172/JCI10583. ISSN 0021-9738. Dostupné z: <http://www.jci.org/articles/view/10583>
- **SLAVIN, Joanne L.** Dietary fiber and body weight. *Nutrition* [online]. 2005, **21**(3), 411-418 [cit. 2018-04-14]. DOI: 10.1016/j.nut.2004.08.018. ISSN 08999007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900704003041>



- **SOBOTOVIČOVÁ, Šárka.** *Vývoj ceny a spotřeby cukru v České republice* [online]. 2017, 1-3 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [http://www.cukr-listy.cz/on\\_line/2017/PDF/109-111.pdf](http://www.cukr-listy.cz/on_line/2017/PDF/109-111.pdf)
- **SOENEN, Stijn a Margriet S WESTERTER-PLANTENGA.** No differences in satiety or energy intake after high-fructose corn syrup, sucrose, or milk preloads. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2007, **86**(6), 1586-1594 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/ajcn/86.5.1586. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/86/6/1586/4649632>
- **STANHOPE, Kimber L., Jean Marc SCHWARZ, Nancy L. KEIM, et al.** Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans. *Journal of Clinical Investigation* [online]. 2009, **119**(5), 1322-1334 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1172/JCI37385. ISSN 0021-9738. Dostupné z: <http://www.jci.org/articles/view/37385>
- **STULL, April J., Katherine C. CASH, William D. JOHNSON, Catherine M. CHAMPAGNE a William T. CEFALU.** Bioactives in Blueberries Improve Insulin Sensitivity in Obese, Insulin-Resistant Men and Women. *The Journal of Nutrition* [online]. 2010, **140**(10), 1764-1768 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/jn.110.125336. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/140/10/1764/4600255>
- **SVAČINA, Štěpán.** *Poruchy metabolismu a výživy.* Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-676-2.
- **TAPPY, L., LÊ, K.-A.** (2010). Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. *Physiological reviews*, 90(1), 23–46.
- **TAPPY, L., LÊ, K.-A.** (2012) Does fructose consumption contribute to non-alcoholic fatty liver disease?. *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology* [online]. 2012, 36(6), 554-560 [cit. 2018-04-17]. DOI: 10.1016/j.clinre.2012.06.005. ISSN 22107401. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210740112001866>
- **TAYLOR, E.N. a G.C. CURHAN.** Fructose consumption and the risk of kidney stones. *Kidney International* [online]. 2008, **73**(2), 207-212 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1038/sj.ki.5002588. ISSN 00852538. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0085253815529517>

- **TEFF, Karen L., Joanne GRUDZIAK, Raymond R. TOWNSEND, et al.** Endocrine and Metabolic Effects of Consuming Fructose – and Glucose-Sweetened Beverages with Meals in Obese Men and Women: Influence of Insulin Resistance on Plasma Triglyceride Responses. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. 2009, **94**(5), 1562-1569 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1210/jc.2008-2192. ISSN 0021-972X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jcem/article-lookup/doi/10.1210/jc.2008-2192>
- **TER HORST Kasper W., SERLIE Mireille J.** Fructose Consumption, Lipogenesis, and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Nutrients* [online]. 2017, 9(9), 981- [cit. 2018-04-07]. DOI: 10.3390/nu9090981. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/9/9/981>
- **THUY, Sabine, Ruth LADURNER, Valentina VOLYNETS, et al.** Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Humans Is Associated with Increased Plasma Endotoxin and Plasminogen Activator Inhibitor 1 Concentrations and with Fructose Intake. *The Journal of Nutrition* [online]. 2008, **138**(8), 1452-1455 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1093/jn/138.8.1452. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/138/8/1452/4750797>
- **TITĚRA, Dalibor.** Včelí produkty mýtů zbavené: med, vosk, pyl, mateří kašička, propolis, včelí jed. Vyd. 2. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0398-3.
- **TIWARI, S. a S. A. SIDDIQI.** Intracellular Trafficking and Secretion of VLDL. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* [online]. 2012, 32(5), 1079-1086 [cit. 2018-04-19]. DOI: 10.1161/ATVBAHA.111.241471. ISSN 1079-5642. Dostupné z: <http://atvb.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/ATVBAHA.111.241471>
- **TSANZI, Embedzayi, Cindy W FITCH a Janet C TOU.** Effect of consuming different caloric sweeteners on bone health and possible mechanisms. *Nutrition Reviews* [online]. 2008, **66**(6), 301-309 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2008.00037.x. ISSN 00296643. Dostupné z: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2008.00037.x>
- **TUNGLAND, B.C. a D. MEYER.** Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2002, **1**(3), 90-109 [cit. 2018-04-14]. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x>

- **VALENTI, Luca, Patrizia RISO, Alessandra MAZZOCCHI, Marisa PORRINI, Silvia FARGION a Carlo AGOSTONI.** Dietary Anthocyanins as Nutritional Therapy for Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [online]. 2013, **2013**, 1-8 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1155/2013/145421. ISSN 1942-0900. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/omcl/2013/145421/>
- **WHITE, John S.** Straight talk about high-fructose corn syrup: what it is and what it ain't. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2008, **88**(6), 1716S-1721S [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.3945/ajcn.2008.25825B. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/88/6/1716S/4617107>
- **WHITE, John S.** Sucrose, HFCS, and Fructose: History, Manufacture, Composition, Applications, and Production. RIPPE, James M., ed. Fructose, High Fructose Corn Syrup, Sucrose and Health (online). New York, NY: Springer New York, 2014, s. 13-33 (cit. 2017-12-02). DOI: 10.1007/978-1-4899-8077-9\_2. ISBN 978-1-4899-8076-2. Dostupné z: [http://link.springer.com/10.1007/978-1-4899-8077-9\\_2](http://link.springer.com/10.1007/978-1-4899-8077-9_2)
- **WILSON, Rachel.** Developing food products for customers following a low sugar diet, including low sucrose, low fructose, and low lactose diets. *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 155-171 [cit. 2018-04-12]. DOI: 10.1016/B978-0-08-100329-9.00008-6. ISBN 9780081003299. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081003299000086>
- **YESIL, A. a Y. YILMAZ.** Review article: coffee consumption, the metabolic syndrome and non-alcoholic fatty liver disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* [online]. 2013, **38**(9), 1038-1044 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.1111/apt.12489. ISSN 02692813. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/apt.12489>
- **YOO, SooYeon, Hyejin AHN a Yoo PARK.** High Dietary Fructose Intake on Cardiovascular Disease Related Parameters in Growing Rats. *Nutrients* [online]. 2017, **9**(1), 11- [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.3390/nu9010011. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/9/1/11>
- **ZOBEL, M.** Die Zusammensetzung der Lebensmittel (Nährwert-Tabellen). Herausgegeben von Prof. Dr. S. W. Souci — München, Dr. W. Fachmann — Bonn, Prof. Dr. H. Kraut — Dortmund. Sachbearbeiter: Dr. H. BOSCH. Lieferung I. *Food / Nahrung* [online]. 1963, **7**(8), 634-635 [cit. 2018-04-13]. DOI: 10.1002/food.19630070814. ISSN 0027769X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/food.19630070814>

### **Elektronické články, internetové zdroje:**

- **Diabetes Care [online].** Evidence-Based Nutrition Principles and Recommendations for the Treatment and Prevention of Diabetes and Related Complications. 2002, 25(1), 202-212 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.2337/diacare.25.1.202. ISSN 0149-5992. Dostupné z: <http://care.diabetesjournals.org/cgi/doi/10.2337/diacare.25.1.202>
- **Statista: The Statistics Portal [online].** Forecast volume of high fructose corn syrup consumed in the European Union (EU 28) from 2015 to 2026\* (in 1,000 tonnes). [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/549759/high-fructose-corn-syrup-consumption-volume-european-union-28/>
- **Postgraduální Nefrologie [online].** 2010, 8(5) [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.nefrol.cz/odbornici/vzdelavani-a-veda/postgradualni-nefrologie>

## 12 Seznam použitých zkratek

**ADP** – Adenosindifosfát

**AMP** - Adenosinmonofosfát

**ATP** – Adenosintrifosfát

**BMI** – *Body mass index* – index tělesné hmotnosti

**Co-A** – Koenzym A

**CRP** – C-reaktivní protein

**CVD** – *Cardiovascular disease* – kardiovaskulární onemocnění

**DHAF** – dihydroxyacetonfosfát

**DNL** – *De novo* lipogeneze

**EGIR** – *European Group for the Study of Insulin Resistance*

**GLUT** – *Glucose transporter* – glukózový transportér

**HDL** – *High density lipoprotein* – vysokodenzitní lipoprotein

**HFCS** – *High-fructose corn syrup* – vysokofruktózový sirup

**IRS** – Inzulinová rezistence

**LDL** – *Low density lipoprotein* – nízkodenzitní lipoprotein

**LPL** – Lipoproteinová lipáza

**MetS** – Metabolický syndrom

**NCEP ATP III** – *National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III*

**TG** – Triglyceridy

**USA** – *United States of Amerika* – Spojené státy americké

**VLDL** – *Very low density lipoprotein* – velmi nízkodenzitní lipoprotein

**WHO** – *World Health Organization* – Světová zdravotnická organizace

**WHR** – *Waist to hip ratio* – poměr boků a pasu

## 13 Seznam obrázků a tabulek

<b>Obrázek 1.</b> D-fruktóza, D-glukóza.....	3
<b>Obrázek 2.</b> Vstřebávání glukózy a fruktózy v tenkém střevě .....	7
<b>Obrázek 3.</b> Schéma metabolismu fruktózy .....	8
<b>Obrázek 4.</b> Světová spotřeba HFCS ve světě v roce 2013.....	10
<b>Obrázek 5.</b> Spotřeba HFCS a sacharózy v USA (1970-2006).....	10
<b>Obrázek 6.</b> Průměrná spotřeba cukru v Evropě v g/den/osoba .....	10
<b>Obrázek 7.</b> Spotřeba cukru v ČR na obyvatele v kg/osobu/rok.....	11
<b>Obrázek 8.</b> Schéma výroby vysokofruktóзовého sirupu z kukuřičného škrobu .....	13
<b>Obrázek 9.</b> Spotřeba HFCS v USA v letech 1960-2010.....	14
<b>Obrázek 10.</b> Prognóza spotřeby HFCS v Evropské unii (2015-2025).....	14
<b>Obrázek 11.</b> Prevalence metabolického syndromu u dětí ve věku 7-14 dle váhy .....	17
<b>Obrázek 12.</b> Prevalence hypertenze u dětí v USA.....	20
<b>Obrázek 13.</b> Potenciální vztah mezi zvýšenou konzumací fruktózy a vznikem různých onemocnění.....	25
<b>Obrázek 14.</b> Procentuální zastoupení populace USA pijící slazené nápoje denně .....	26
<b>Tabulka 1.</b> Relativní faktor sladkosti sacharidů.....	3
<b>Tabulka 2.</b> Volná fruktóza ve vybraných druzích ovoce (% hmotnosti) .....	4
<b>Tabulka 3.</b> Obsah cukrů v medu v g/100 g .....	5
<b>Tabulka 4.</b> Země s nejvyšší spotřebou medu v roce 2015 .....	6
<b>Tabulka 5.</b> Definice MetS dle WHO, EGIR a NCEP ATP III.....	16
<b>Tabulka 6.</b> Glykemický index glukózy a fruktózy .....	22
<b>Tabulka 7.</b> Obsah vlákniny na 100 g potravin .....	28