

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů

Vedoucí katedry: Doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Úroveň glykémie v lidské krvi jako ukazatel použití různých druhů sladidel
v potravinách

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

Autor: Bc. Klára Matějčková

České Budějovice 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Klára MATĚJČKOVÁ**
Osobní číslo: **Z13516**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Úroveň glykemie v lidské krvi jako ukazatel použití různých druhů sladidel v potravinách**
Zadávací katedra: **Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úroveň konzumace cukru je v lidské populaci velmi vysoká. Mnohdy několikanásobně přesahuje doporučené denní dávky. Může tak docházet k závažným onemocněním, která pacienty omezují v jejich pracovním a osobním životě. Snahou výrobců je vyrábět výrobky s nižším obsahem cukru nebo klasická sladidla (řepný a třtinový cukr) nahrazovat jinými typy.

Cílem práce je u vybraných dobrovolníků měřit hodnoty glykemie před a po konzumaci potravin slazených různými typy sladidel.

Dobrovolníkům (cca 20 osob) odeberete na lačno kapku kapilární krve. Pomocí přístroje FORA Diamond PRIMA (FaraCare Suisse AG, Švýcarsko) změříte hodnotu glykemie. Po zkonzumování předloženého vzorku se sladidlem (opakování se 4 různými druhy sladidel) odeberete po stanoveném čase kapku kapilární krve a změříte hodnotu glykemie. Výsledky porovnejte a statisticky zpracujete. Formulujte odpovídající závěry.

Rozsah grafických prací: tabulky a grafy dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 35 - 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

RACEK, J. Klinická biochemie. 2. vyd. Praha: Galén, 2006. 329 s. ISBN 80-7262-324-9.

STAŇKOVÁ, A, POKORNÁ, A. Odběr kapilární krve - rutina s mnoha riziky. Florence: Časopis moderního ošetrovatelství. 2011, 7(1) s. 12-16

JUN, Y. et al.: Utilisation of preharvest dropped apple peels as a flour substitute for a lower glycaemic index and higher fibre cake. INT. J. FOOD SCI. NUTR., 2013, 65 (1), 62-68 p. DOI: 10.3109/09637486.2013.830083.

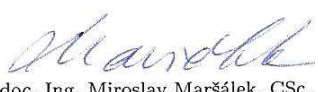
CHEN, Y. I. et al.: Peroxisome proliferator-activated receptor activating hypoglycemic effect of Gardenia jasminoides Ellis aqueous extract and improvement of insulin sensitivity in steroid induced insulin resistant rats. BMC COMPLEMENTARY AND ALTERNATIVE MEDICINE, 2014, 14 (30), DOI: 10.1186/1472-6882-14-30

Odborné databáze a periodika (např. WOS, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST) dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/databaze>.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Smetana, Ph.D.**
Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů
Konzultant diplomové práce: **prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.**
Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů
Datum zadání diplomové práce: **10. března 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2015**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUĎEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 10. března 2014

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 24. 4. 2015

.....

Bc. Klára Matějčková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, metodické vedení, cenné rady, ochotu a připomínky, kterými mi pomohl při zpracování diplomové práce.

Také bych chtěla poděkovat všem dobrovolníkům, kteří se účastnili měření hladiny glykémie v krvi a Richardu Matějčkovi za pomoc při zpracování práce.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je u vybraných dobrovolníků měřit hodnoty glykémie v krvi osob před a po konzumaci potravin slazených různými typy sladidel. Celkem bylo vybráno 21 dobrovolníků a probíhala čtyři měření. Vždy na počátku pokusu byla dobrovolníkům změřena hladina glykémie v krvi na lačno, po té jim byly podány různé typy sladidel a znovu změřena hladina glykémie. V prvním měření byl dobrovolníkům podán 20 ti procentní roztok glukózy, ve druhém roztok Rebaudiosidu A, ve třetím byl dobrovolníkům podán chléb s džemem se stévií a ve čtvrtém měření chléb s džemem s řepným cukrem. Cílem bylo na základě výsledků porovnat vliv steviol-glykosidů a řepného cukru na glykemický index. Z výsledků měření je zřejmé, že steviol-glykosidy použité v potravinách jako sladidlo opravdu ovlivňují hladinu glykémie v lidské krvi jen velmi málo oproti potravinám s řepným cukrem.

Klíčová slova: sladidla, hladina glykémie, stévie

ABSTRACT

The aim of this thesis is to measure blood glucose levels in the blood of selected group of volunteers before and after eating food sweetened with different types of sweeteners. A total of 21 volunteers were selected and ran four measurements. Always at the start of the experiment the volunteers were measured blood glucose level on an empty stomach and after they had received the different types of sweeteners, the blood glucose level was re-measured. In the first measurement, the volunteers received 20 percent glucose solution, the second solution of Rebaudioside A, the third the volunteers were given bread with jam sweetened with stevia and during fourth measurement, bread with jam with beet sugar. The aim was to compare the results of the effect of steviol glycosides and beet sugar on the glycemic index. From the measurement results it is evident that steviol glycosides used in food as a sweetener affect the blood glucose level in human blood very little compared with food with beet sugar.

Keywords: sweeteners, blood glucose levels, stevia

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1 Historie diabetu	10
2.1.1 Výskyt a charakteristika onemocnění <i>diabetes mellitus</i>	10
2.1.2 Klasifikace diabetu.....	11
2.1.3 Glykémie.....	13
2.1.4 Diagnostika diabetu	14
2.2 Historie rostliny <i>Stevia rebaudiana</i> var. Bertoni	15
2.2.1 Popis rostliny <i>Stevia rebaudiana</i> var. Bertoni	17
2.2.2 Použití stévie a její vlivy.....	17
2.3 Sladidla.....	18
2.3.1 Klasifikace sladidel.....	19
2.3.2 Přírodní sladidla.....	20
2.3.3 Syntetické látky identické s přírodními	23
2.3.4 Modifikované přírodní látky.....	24
3. Cíl práce	27
5. Výsledky měření	29
5.1 Porovnání hodnot hladiny glykémie v krvi po podání roztoku 20% glukózy a Rebaudisidu A (98 %)	30
5.2 Porovnání hodnot hladiny glykémie v krvi po podání džemu se stévií a s řepným cukrem	32
5.3 Porovnání hodnot hladiny glykémie v krvi po podání sladidel u žen a mužů	34
5.3.1 Ženy	34
5.3.2 Muži	35
6. Diskuse.....	36

7. Závěr	41
8. Summary	42
9. Seznam použité literatury	43

1. ÚVOD

Divoce rostoucí bylina jako je *Stevia Rebaudiana* var. *Bertoni* používali naši předkové již před dávnými dobami. V těch dobách si zcela zřejmě nebyli plně vědomi podstaty léčivosti a všech účinků těchto rostlin. Stevie byla poprvé používána indiánským kmenem Guarani, který sídlil v horské oblasti Amambay, nacházející se ve východní části Paraguaye. Postupem let se používání této byliny rozšiřovalo, kolem roku 1800 se o účincích stévie vědělo nejen v Paraguay, ale i v Argentině a Brazílii. Díky botaniku Moises Santiago Bertonimu se později kolem roku 1900 začala stévie rozšiřovat i do Evropy.

Evropský trend konce 20. století byl však naprosto odlišný. Lidé značně upustili od využívání přírodních produktů a naopak se s vývojem farmaceutického průmyslu využívalo čím dál, tím více chemických náhražek přírodních látek – ochucovadel, sladidel a dalších. Jedním z důvodů, proč se Stevie neprosadila na trh ani v USA ani v Evropě, byl veliký tlak farmaceutických společností, které usilovaly o to, aby Stevie nebyla registrována jako potravinářské sladidlo.

Začátkem 21. století se tento trend naštěstí začíná postupně obracet, lidé se postupně mnohem více začínají zajímat o kvalitu a původ surovin, ze kterých jsou potraviny vyráběny. Pozvolna narůstá zájem o přírodní preparáty, jejich využití v alternativní medicíně a rostlina stévie se postupně dostává do podvědomí lidí. Využití této byliny je jeden z možných způsobů, jak nahradit chemicky vyráběná umělá sladidla přírodním a v budoucnu tak vyřešit řadu zdravotních problémů u dnešní populace. Používání stévie jako sladidla byl také velký průlom pro diabetiky i lidi trpící obezitou.

Diabetes mellitus, laicky řečeno cukrovka, je onemocnění, které s sebou přináší narušení metabolismu nejen cukrů, ale též bílkovin a tuků. Cukrovka je onemocnění, které doprovází společnost po celou historii jejího vývoje, v dnešní době narůstá počet lidí trpících tímto onemocněním v naší republice i celosvětově. Proto jsou snahy předcházet tomuto onemocnění, a pokud diabetes již vznikne docílit různými způsoby stabilizace nemoci, aby nedocházelo ke vzniku možných komplikací a diabetik tak mohl žít plnohodnotný život jako každý jiný zdravý člověk.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Historie diabetu

První zmínky o cukrovce pocházejí již z roku 1550 př. n. l. ze starověkého Egypta. Samotný název diabetes pochází z řečtiny a v překladu znamená „průchodný“. Tento výraz poprvé užil řecký lékař Aretaios z Kappadocie ve 2. století po Kristu. Druhou část názvu, tedy *mellitus*, přidal až v roce 1787 W. Cullen a v českém překladu znamená „sladký“. Samotné onemocnění bylo tedy známo už v dávné době, ale nikdo až doposud neznal, jak onemocnění vzniká, co je jeho příčinou, natož jak se léčí. Trvalo několik desítek let, než vědci vyzkoumali jeho podstatu (ŠAFRÁNKOVÁ *et al.*, 2006).

Hlavní průlom nastal až v roce 1869, kdy student lékařské univerzity v Berlíně, Paul Langerhans, objevil ve slinivce ostrůvky, které dodnes nesou jméno svého objevitele. O několik let později, v roce 1889, provedli dva lékaři tzv. pankreatektomii u psa, kdy došlo k odstranění slinivky břišní, čímž mu vyvolali cukrovku, pes začal více močit a žíznit. Tímto výkonem potvrdili domněnku, že je zde souvislost mezi cukrovkou, Langerhansovými ostrůvky a slinivkou. V roce 1921 v Torontu získali lékaři Frederick Banting a student medicíny Charles Best z pankreatu psa látku, která byla později pojmenovaná jako inzulín. Tento název pochází z latinského slova *insula*, v českém překladu ostrov. Tak se zrodil „záračný lék“, který byl poprvé aplikován pacientovi v roce 1922 a zachránil mu tak život. Objevitelům tohoto hormonu byla později udělena Nobelova cena za medicínu. U nás byl inzulín poprvé aplikován v tehdejší Čkoslovensku v roce 1923 na interní klinice Všeobecné nemocnice na Karlově náměstí. Objev inzulínu přinesl obrovský převrat v boji s chronickou nevléčitelnou nemocí a osud nemocných se rázem změnil (BĚLOBRÁDKOVÁ *et al.*, 2006).

2.1.1 Výskyt a charakteristika onemocnění *diabetes mellitus*

Diabetes mellitus, lidově zvaný cukrovka, je porucha metabolismu cukrů, charakterizovaná zvýšenou glykemií a glykosurií. Jedná se o chronické onemocnění,

jehož hlavní příčinou je nedostatek inzulínu nebo jeho úplná ztráta v organismu (ŠAFRÁNKOVÁ *et al.*, 2006).

Termín glykémie označuje hladinu cukru v krvi. Základním zdrojem energie pro buňku je glukóza. Jedná se o hlavní zdroj, který zajišťuje všechny anabolické děje. Fyziologická hladina glukózy je v těle udržována speciálním hormonem, který se nazývá inzulín. Jedná se o hormon, který je produkován slinivkou břišní (*pankreas*) a tvoří se ve speciálních buňkách, v tzv. beta buňkách Langerhansových ostrůvků. Snižuje hladinu glykémie tím, že se váže na inzulínový receptor na buněčné membráně a tím umožňuje vstup glukózy do buněk. Tímto způsobem inzulín snižuje hladinu glykémie v krvi. Jinými slovy můžeme říci, že inzulín je jakýsi „klíč“ sloužící k odemčení buňky a umožňující tím vstup glukózy do ní. Bez tohoto hormonu by k popsanému procesu nedošlo. Dalším hormonem, který produkuje *pankreas*, je hormon zvaný glukagon. Jeho účinek je ve srovnání s inzulínem opačný – slouží ke zvyšování hladiny glykémie v krvi. Tento hormon se tvoří v α -buňkách Langerhansových ostrůvků (DYLEVSKÝ, 2009).

2.1.2 Klasifikace diabetu

Diabetes mellitus rozdělujeme na dva základní typy. Prvním je *diabetes mellitus* 1. typu a druhým *diabetes mellitus* 2. typu. Již ve starověku věděli, že existují právě tyto dva typy diabetu. Věděli i to, že jeden se projevuje již v mladém věku a druhý až později v dospělosti a stáří (BOTTERMAN *et al.*, 2008).

V posledních padesáti letech bylo vypracováno několik klasifikačních systémů, které se stále měnily. Teprve v roce 1997 podala Americká diabetologická asociace (ADA) návrh na novou klasifikaci diabetu, kterou v roce 1999 přijala i Světová zdravotnická organizace (WHO) a dle které se řídíme dodnes. Dle WHO existuje *diabetes mellitus* 1. typu neboli inzulín dependentní *diabetes mellitus* (IDDM). Tímto typem cukrovky trpí asi 10 % diabetiků a jeho hlavním rysem je, že se v těle netvoří žádný inzulín. Pro udržení správné hladiny cukru v krvi je tedy zapotřebí tělu tento hormon dodat umělou cestou, proto se taky nazývá dependentní diabetes, což znamená, že je závislý na inzulínu. Vyskytuje se především u dětí

a mladých osob, ale může postihnout i osoby vyššího věku. Dalším typem je diabetes LADA neboli latentní autoimunní *diabetes mellitus*. Jedná se o speciální typ diabetu, kdy dochází k poruše syntézy inzulínu a hlavní příčinou je autoimunní zánět. V první fázi stačí pacientovi s tímto typem onemocnění podávat perorální antidiabetika (PAD), poté se přistupuje k léčbě inzulínem. Postihuje spíše starší generaci (BARTOŠ *et al.*, 2003).

Jedním z dalších typů onemocnění je *diabetes mellitus* 2. typu neboli non-inzulin dependentní *diabetes mellitus* (NIDDM). Tímto typem cukrovky trpí zhruba 85 % z celkového počtu diabetiků a je charakteristický pro osoby vyššího věku. Typickým rysem je relativní nedostatek inzulínu, jehož produkce je dostačující, ale vlivem nadměrné konzumace kalorických potravin ho pankreas nestačí tvořit dostatečné množství. Jedním z rizikových faktorů je v tomto případě obezita. Další příčinou tohoto typu diabetu může být necitlivost inzulínových receptorů na buněčných membránách. Dochází pak k úbytku receptorů na buněčné membráně nebo dojde k poruše receptorů, které pak na inzulín nereagují. Velkou roli zde hraje genetický faktor. Při léčbě NIDDM pacient nedostává přímo inzulín, ale léčba spočívá v dodržování speciální diety a pravidelném pohybu. Pokud takový postup nezabírá, na řadu přistupuje léčba za pomoci perorálních antidiabetik (PAD). V krajních případech se podávají krátkodobě působící inzulíny (KUBÁT, 2001).

Mezi speciální typy diabetu patří tzv. sekundární diabetes, vyskytující se nejčastěji jako součást jiného přidruženého onemocnění. Jedná se především o onemocnění pankreatu, např. akutní nebo chronická pankreatitida, karcinom pankreatu, toxický účinek léků a další. U těhotných žen se v průběhu těhotenství může objevit tzv. gestační *diabetes*. Je podobný jako *diabetes* 2. typu s tím rozdílem, že po porodu zmizí. Nesmí se podceňovat, protože gestační *diabetes* přináší velká rizika pro plod, především nezralost při velké porodní hmotnosti. V důsledku toho se již v raném stádiu těhotenství provádí pravidelné kontroly hladiny glykémie u těhotných žen. Dalším speciálním typem diabetu je tzv. snížená glukózová tolerance, která se často vyskytuje u pacientů nad 70 let věku. Z tohoto důvodu je důležité s tímto faktem počítat u každého pacienta. Snížená glukózová tolerance bývá spojena s obezitou a hypertenzí (PELIKÁNOVÁ, 2003).

2.1.3 Glykémie

Glykémie neboli hladina krevního cukru, kolísá u zdravého člověka mezi 3,5 – 6,5 mmol·l⁻¹. Základním předpokladem správného měření je lačný pacient. Hlavním regulačním orgánem glykémie jsou játra (LÉBL *et al.*, 2004).

Hypoglykémie je stav kdy je hladina glukózy v krvi menší než 3,5 mmol·l⁻¹. U zdravého člověka reaguje nervový systém na nízkou hladinu cukru v krvi uvolněním hormonů, které pak stimulují játra k uvolnění glukózy a blokují sekreci inzulínu ve slinivce břišní. U nemocného cukrovkou se tyto regulační mechanismy nemusí uplatnit a rychle se rozvíjí život ohrožující stav. Nejčastěji se s hypoglykemií setkáváme u pacientů, kteří si aplikují inzulín, nebo u těch kteří kompenzují své onemocnění pomocí tzv. perorálních antidiabetik. Fyzická aktivita snižuje množství cukru v krvi, protože cukr přechází do svalů, kde je spotřebováván. Větší fyzická aktivita je tedy častou příčinou hypoglykémie. Klinickými projevy hypoglykémie jsou například hlad, slabost, třes, zrychlená srdeční činnost, závratě, zmatenost a mnoho dalších. Základním opatřením při hypoglykemickém stavu je podání cukru v jakékoliv podobě. Hyperglykémie je situace, kdy je v organismu vysoká koncentrace glukózy. Trvá-li takový stav delší dobu, hromadí se v organismu zplodiny metabolismu tuků, které mohou ve větší koncentraci vést až k hyperglykemickému kómatu. Klinickými projevy hyperglykémie jsou například pocit žízně, zvýšení denního množství moči (pokud glykémie přesáhne hodnotu 8,9 – 10,0 mmol·l⁻¹ glukóza je vylučována do moče – glykosurie), acetonový zápach dechu a další. Základním opatřením při hyperglykemickém stavu je podání inzulínu, samozřejmě podle doporučení lékaře (BĚLOBRÁDKOVÁ *et al.*, 2006).

Stabilních hodnot glykémie je dosahováno hormonálními, autoregulačními a nervovými mechanismy. Ty zajišťují rovnováhu mezi přísunem a odsunem glukózy z krevní plazmy do buněk. Stálé udržování glykémie v normě je důležité například pro mozek, jehož hlavním zdrojem energie je právě glukóza. Nejdůležitějším mechanismem, kterým je udržována hodnota glykémie ve velmi úzkém rozmezí, je působení vzájemně protichůdných hormonů. Mezi tyto hormony patří katabolické hormony jako glukagon, katecholaniny, tyroxin a somatostatin, které zvyšují hladinu cukru v krvi. Dále jeden anabolický hormon inzulín, který naopak hladinu cukru v krvi snižuje (ANDĚL *et al.*, 2001).

Glykemický index (GI) je hodnota umožňující porovnávat různé potraviny s ohledem na jejich schopnost ovlivňovat úroveň glykémie (BARTOŠ *et al.*, 2003).

2.1.4 Diagnostika diabetu

Nejdůležitější je u diabetiků včasné stanovení diagnózy a adekvátní léčba. Hodnoty hladiny glykémie se mění, a to podle typu zpracování biologického materiálu. V případě celé krve je hladina glykémie nižší než v plazmě. V porovnání venózní a kapilární krve bude naměřená hodnota glykémie ve venózní krvi nižší než v krvi kapilární. Pokud se hladina glykémie nebude stanovovat ihned po odběru biologického materiálu, je zapotřebí krev konzervovat, a to tím, že se do nádoby určené k odběru přidá sloučenina Na₂EDTA (Di-ethylendiamintetraacetát) a fluorid sodný. Tyto látky zajistí, že nedojde ke glykolýze – hladina cukru v krvi se nezmění až po dobu 24 hodin. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) a České diabetologické společnosti se při stanovení diagnózy diabetu používá vzorek plazmy venózní krve. Dále se podle doporučení postupuje tak, že definitivní diagnózu lze stanovit, pokud jsou známé klinické příznaky, tedy že, náhodná glykémie v plazmě je vyšší než 11,0 mmol*l⁻¹, hladina cukru v krvi je větší nebo rovna 7,0 mmol*l⁻¹, hladina cukru v plazmě je i po 2 hodinách od perorálního glukózového tolerančního testu (oGGT) vyšší než 11,0 mmol*l⁻¹. K úplnému potvrzení diagnózy je třeba tyto vyšetření provést s odstupem několika příštích dnů (RACEK., 2006).

K určení momentální hladiny cukru v krvi slouží měření tzv. jednorázové glykémie. Má tu výhodu, že si jej může pacient provádět sám, jedná se o tzv. self-monitoring. V současné době je na trhu celá řada moderních glukometrů, které mají čím dál více přesnější měření hladiny cukru v krvi. Velkou výhodou je, že k vyšetření postačí pouze jedna kapka kapilární krve, která se získává nejčastěji z periferie, a to jsou prsty na horních končetinách. Dalším základním vyšetřením je glykemický profil, jehož principem je odběr několikrát denně jak na lačno, tak po jídle, případně ve 2 hodiny v noci. Rozlišujeme zde dva základní typy, a to malý glykemický profil (5 krát denně) a velký glykemický profil (9 krát denně). Hlavním cílem tohoto vyšetření je zjistit, jak dávkovat inzulin a jaký druh inzulinu pacientovi podat. Speciálním testem je glukózový toleranční test, který spočívá v tom, že pacient tři dny před jeho provedením dodržuje dietu bohatou na sacharidy.

Před samotným odběrem je důležité, aby byl pacient 10 – 14 hodin lačný. První vzorek se odebírá na lačno, po té se pacientovi podá glukóza rozpuštěná ve 300 ml vody během deseti minut. Další vzorek se odebere dvě hodiny po vypití roztoku. V průběhu vyšetření nesmí pacient nic jíst, pít ani kouřit. V případě, že se naměřila glykémie vyšší než $11,0 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ definitivně se potvrdil *diabetes mellitus*. Pokud se rozmezí hladiny pohybuje mezi $7,8 - 11,0 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, mluvíme o tzv. porušené glukózové toleranci (RYBKA, 2006).

2.2 Historie rostliny *Stevia rebaudiana* var. *Bertoni*

Stevia rebaudiana var. *Bertoni* je vytrvalý keř pocházející z jižní Ameriky, konkrétně z horské oblasti Amambay v Paraguay. Příslušníci indiánského kmene Guarani ji užívali stovky let, především ke slazení bylinného čaje maté. Do roku 1800 se denní konzumace stévie rozšířila mezi jihoamerické osadníky v Paraguay, Argentině a Brazílii. V roce 1899 bylinu „nově objevil“ italský botanik Moises Santiago Bertoni. To byl počátek kulturního pěstování stévie, která do té doby rostla pouze divoce ve své rodné Paraguay. První úroda stévie byla sklizena v roce 1908. Brzy začaly v Jižní Americe i v cizině vzkvétat plantáže. Americkou vládu na tuto bylinu první upozornil v roce 1918 jistý americký botanik. V roce 1921 jí komisař Americké obchodní komory George S. Brady, vědomý si jejího nesmírného komerčního potenciálu, opět uvedl do středu pozornosti vlády, tentokrát Amerického ministerstva zemědělství. Brady prohlásil, že má dlouhou historii bezpečného užívání a je ideální k použití především jako sladidlo pro diabetiky. V roce 1931 izolovali Francouzi čistý krystalický prášek – stevisoid. Americký vládní vědecký pracovník Dr. Hewitt G. Fletcher jej označil „za dosud nejsladší objevený přírodní produkt“. Ač je to překvapivé, stévii se v tu dobu bohužel nepodařilo na americké „sladidlové scéně“ prosadit (STODDARD, 2007).

V polovině osmdesátých let byla stévie používána několika Americkými společnostmi jako zvýrazňovač chuti u bylinných čajů. Tehdy začala FDA (Food and Drug Administration) proti rostlině ostře bojovat a zahájila agresivní kampaň za zastavení jejího používání. Podpořeny stížnostmi anonymní obchodní společnosti, akce FDA proti společnostem používajícím stévii zahrnovaly: embargo, prohlídky,

zabavování zboží, a nakonec upozornění na možnost zákazu vývozu. Neobdržela statut produktu GRAS (Generally recognized as safe – všeobecně považován za bezpečný). Společnost na výrobu čajů Celestial Seasons a další firmy byly nuceny přestat bylinu používat (KOYAMA *et al.*, 2003).

Zatímco stévie byla dále pěstována a užívána v takových zemích jako Čína, Japonsko, Brazílie, Malajsie, Izrael a dokonce Německo, až do roku 1994 kompletně vymizela z amerického trhu. Navzdory námitkám FDA umožnilo vydání zákona Dietary Supplement Health and Education Act stévii opětovně vstoupit na americký trh jako potravinový doplněk. Společnosti, které obchodují s produkty z ní, mají nicméně zakázáno uvádět sebemenší náznaky, že rostlina má vlastnosti sladidla (KOYAMA *et al.*, 2003).

Sladidla ze stévie, extrakty z listů této rostliny jsou komerčně dostupné v Japonsku, Číně, Koreji, Jihovýchodní Asii a jižní Americe, kde byly používány již po desítky let ke slazení různých potravin a nápojů (KOYAMA *et al.*, 2003).

Ve Spojených státech amerických se prášek z listů stévie a jejich extrakty používají pouze jako dietetický doplněk stravy a jako produkt péče o pokožku, ale ne jako sladidlo. Od prosince roku 2008 kdy FDA prohlásila, že čistý rebaudiosid A (rebiana) ze stévie může být považován za GRAS, začal se rebaudiosid A používat jako sladidlo některých potravin a nápojů. Také ve Francii byla čistá rebiana (97%) 26. srpna 2009 autorizována na zkušební dobu dvou let pro použití v určitých potravinách, ovšem s dodržáním maximální možné koncentrace (SERIO, 2010).

V Nařízení Komise (EU) č. 1131/2011 ze dne 11. listopadu 2011, Evropský úřad pro bezpečnost potravin schválil bezpečnost steviol-glykosidů, získávaných z listů rostliny *Stevia rebaudiana* var. *Bertoni*, jako sladidla. Stanovil přijatelný denní příjem (ADI) pro steviol-glykosidy, vyjádřený jako ekvivalenty steviolu, na 4 mg*kg⁻¹ tělesné hmotnosti na den (LEMUS-MONDACA *et al.*, 2012).

Pokud nejsou steviové glykosidy konzumovány v nadměrném množství, jsou považovány za bezpečné (SERIO, 2010).

2.2.1 Popis rostliny *Stevia rebaudiana* var. *Bertoni*

Stévie je vytrvalý keř pocházející z jižní Ameriky, přesněji z horské oblasti Amambay nacházející se ve východní části státu Paraguay, poblíž města Pedro Juan Caballero u hranice s Brazílií. Klima je subtropické, s roční průměrnou teplotou 21°C, bez minusových zimních teplot. Roční úhrn srážek je 1500 až 1800 mm. Rostlina se nejvíce nachází v nadmořské výšce 500 – 700 m. n. m. Převládají zde kyselé písčito-jílovité půdy, které jsou pokládány za méně plodné (SIMONSOHN, 2012).

Její původ charakterizuje její požadavky na teplotu a půdu. Nedaří se jí pouze v jižní Americe, ale také ve střední Evropě (SPECK, 2011).

Jedná se o rostlinu z čeledi *Asteraceae* (hvězdicovité), rodu *Stevia*. Celý rod *Stevia* je tvořen více než 240 druhy vyskytujícími se v tropech a subtropích jižní Ameriky. Vyskytují se buď v podobě byliny, nebo keře. Původně byla jednoletá, ale byla však vyšlechtěna i jako trvalka. Dorůstá výšky 0,5 – 1m, její stonek je jemně chlupatý. Protistojné listy mají kopinatý tvar s mělce laločnatými okraji (KUBÁT, 2002).

2.2.2 Použití stévie a její vlivy

Rostlina *Stevia rebaudiana* var. *Bertoni* a její extrakty, steviosid a rebaudiosid, jsou jedny z mála čistě přírodních sladidel, u kterých nebyly prokázány negativní účinky na lidské zdraví. Tuto rostlinu využívali domorodci v jižní Americe již v dávných dobách. Extrakty ze stévie, kromě jiných účinků, obsahují vysoký podíl sladících látek, známých jako steviol-glykosidy. Tyto látky vykazují významnou antioxidační, antibakteriální a antifungální aktivitu. Hlavní látky patřící mezi tyto steviol-glykosidy jsou stevisid a rebaudiosid A. Jak prokázali testy, tyto látky jsou termostabilní až do teploty 200 °C, jsou tedy vhodné i do tepelně upravených jídel. Stévie, a její pěstování jako kulturní plodiny, skýtá velký potenciál. Zájem o přírodní rostlinné doplňky stravy totiž neustále roste (LEMUS-MONDACA *et al.*, 2012).

Jednou z nejvýznamnějších vlastností extraktů ze stévie je její antioxidační schopnost. Je dobře známo, že volné kyslíkové radikály jsou jednou z více příčin způsobující některé nemoci, jako například demenci Alzheimerova typu nebo Parkinsonovu chorobu. Naopak látky, které se vyskytují v rostlinách, tyto volné radikály inhibují, a zabraňují tak v pokračování oxidačních reakcí v organismu. Souhrnně se jedná o tzv. antioxidanty, patří mezi ně vitamíny, karotenoidy, flavonoidy a také fenolické antioxidanty (SHUKLA, 2009).

Stévie přirozeně sladí, pomáhá snižovat vysoký krevní tlak a je vhodná pro osoby snažící se o regulaci tělesné hmotnosti, neobsahuje cukry a tudíž má velmi nízké (téměř nulové) množství kalorií – navíc obsahuje všechny esenciální aminokyseliny kromě tryptofanu (LEMUS-MONDACA *et al.*, 2012).

Toxikologické studie ukázaly, že stevisoidy nemají mutagenní, teratogenní nebo karcinogenní účinky. Stejně tak nebyly, při použití stévie jako sladidla, pozorovány žádné alergické reakce (PÓL, 2007).

2.3 Sladidla

Termín sladidla se váže na látky používané jako potraviny a pomocné nebo přídatné látky. Zákon o potravinách přesně stanovuje druhy sladidel a podmínky jejich použití v potravinách. Typickým zástupcem sladidel je sacharóza, pro kterou známe legislativní a obchodní termín cukr bílý a která je důležitou potravinářskou a průmyslovou surovinou a také potravinou pro přímou spotřebu. Sacharóza dodává potravině příjemnou sladkou chuť, je součástí hmoty potravin, přispívá k jejich energetické hodnotě a při potravinářských nebo kulinářských procesech podléhá hydrolýze, karamelizaci a Maillardově reakci. Produkty těchto reakcí přispívají k vůni, barvě a chuti potravin. Náhradní sladidla (kromě polyolů) mají zcela odlišné fyzikální a chemické vlastnosti ve srovnání s cukrem, které se u některých potravin projevují žadáným, u jiných nežádoucím způsobem. Hlavním technologickým problémem týkajícím se přípravy pokrmů je neschopnost těchto sladidel vytvářet viskózní roztoky (projevuje se to při přípravě diabetických džemů). Tento nedostatek se musí kompenzovat přidávkem vhodných plnidel. Naproti tomu

se sladidla s úspěchem využívají při výrobě nealkoholických nápojů (MAŘATKA, 1999).

Spotřeba cukru se ve vyspělých zemích světa pohybuje od 30 do 50 kg na osobu ročně a v České republice kolísá kolem 40 kg na osobu a rok, což je jedna z nejvyšších spotřeb v Evropě. Z hlediska výživového je nadměrná spotřeba cukru nežádoucí, ale sladká a příjemná chuť je spotřebitelem velice žádaná. Protože má vysoká spotřeba řepného cukru prokazatelný negativní vliv na lidský organismus, snaží se výrobci potravin nahradit tuto ingredienci jinou látkou s podobnými chuťovými a technologickými vlastnostmi. Sacharóza je v potravinách nahrazována v podstatě ze tří důvodů. Nejdůležitějším důvodem je snaha o snížení energetické hodnoty přijímané potravy. Dále pak snaha vyhovět požadavkům na dostupnost potravin, které nezpůsobují kazivost zubů a v neposlední řadě pak potřeba zásobovat trh potravinami vhodnými pro diabetiky a všechny spotřebitele, kteří z jakýchkoliv důvodů omezují příjem cukru v potravě – například redukční diety apod. (ČERMÁK, 2002).

2.3.1 Klasifikace sladidel

Z výživového hlediska lze sladidla rozdělit na dvě skupiny podle toho, zda přispívají k celkovému příjmu energie nebo je jejich přínos energie nulový případně prakticky zanedbatelný. Mezi výživová sladidla patří především cukerné alkoholy. Všechny ostatní látky vykazující sladkou chuť a přidávané do potravin jako sladící složka se zařazují mezi nevýživová sladidla. Z pohledu legislativy se sladidla rozdělují do dvou skupin. První skupinou jsou přírodní sladidla na bázi přírodních sacharidů a med. Druhou skupinou jsou náhradní sladidla, která lze podle způsobu výroby rozdělit na syntetické látky identické s přírodními, syntetické látky a přírodní (získávané izolací většinou z rostlin nebo z ovoce) – viz tabulka č. 1 (KADLEC *et al.*, 2009).

Tabulka č. 1 - Druhy sladidel

Sladidla	
Přírodní	Náhradní
cukr	sorbitol
med	mannitol
fylodulcin	isomalt
glycyrrhizin	maltitol
osladin	aspartam
steviosid, rebaudiosid A, dulkosid A	sukralóza
monellin	dulcin
thaumatin	cyklamát
mirakulin	acesulfam - K

Zdroj: KADLEC *et al.*, 2009

2.3.2 Přírodní sladidla

Do této skupiny patří ve vodě rozpustné sladce chutnající látky na bázi přírodních sacharidů. Jedná se především o jednoduché cukry fruktózu ($C_6H_{12}O_6$) a glukózu (často obchodně označovaná jako dextróza), o disacharidy sacharózu a laktózu a v menším množství také o cukerné alkoholy D-glucitol, D-mannitol, případně D-xylitol (DAVÍDEK *et al.*, 1983).

Nejvíce používaným přírodním sladidlem je cukr, což je vlastně vyčištěná krystalizovaná sacharóza. Také se používají tekuté výrobky z cukru, jako je tekutý cukr, tekutý invertní cukr, sirup z invertního cukru a karamel. Invertní cukr se získává zahřevem okyseleného roztoku klasického cukru. Při těchto podmínkách dochází k hydrolyze glykosidické vazby mezi glukózou a fruktózou. Podmínky

hydrolyzy pak ve výsledném produktu určují poměr mezi sacharózou, glukózou a fruktózou. Patří sem i glukózový sirup, což je vlastně směs glukózy a krátkých oligosacharidů získaných částečnou kyselou hydrolyzou škrobu, inulínu nebo jejich kombinace. Obsah volné glukózy se pohybuje nejčastěji kolem 20 %, zbytek tvoří oligosacharidy (maltodextriny s krátkými řetězci), (POKORNÝ, 1996).

Významným přírodním sladidlem je med. Hlavní složkou medu je směs glukózy a fruktózy doplněná o různé organické kyseliny, enzymy a také různé hmyzí výměšky (medovice). Obsah sacharózy je relativně nízký. Med obsahuje také významný podíl pevných částic, které ulpí na včelách při sběru nektaru (sladká šťáva z květů rostlin) a při jeho zpracovávání se dostanou do hmoty ukládané do plástve. Včely při plnění pláství nektarovou šťávu nejprve promíchávají se svými výměškami, díky kterým projde nektar zcela specifickým procesem chemické přeměny na med. Průměrný obsah jednotlivých složek medu – viz tabulka č. 2 (POKORNÝ, 1996).

Tabulka č. 2 - Průměrný obsah jednotlivých složek medu (v závorce je uvedeno rozmezí obsahu)

glukóza	31,3 % (22,0-40,8)
fruktóza	38,2 % (27,3-44,3)
sacharóza	1,3 % (0,3-7,6)
maltóza	7,3 % (2,7-16,0)
vyšší cukry	1,5 % (0,1-8,5)
proteiny jako enzymy	0,4 % (0,1-0,6)
minerální látky	0,17 % (0,02-1,03)
voda	17,2 % (13,4-22,9)

Zdroj: POKORNÝ, 1996

V listech hortenzie velkolisté se nachází fyllodulcin, který je přibližně 500 krát sladší, než sacharóza. Patří mezi sladidla s pomalu nastupujícím sladkým účinkem, který je však dlouhotrvající a má lékořicovou příchut'. Používá se hlavně v Japonsku při slazení čaje, jinak nachází uplatnění při výrobě cukrářských výrobků a žvýkaček (HEŘT, 1995).

V oddenku lékořice se nachází směs draselné a vápenaté soli kyseliny glycyrrhizové, známá spíše pod názvem glycyrrhizin. Jedná se o glykosid přibližně 50 krát sladší, než sacharóza. Jeho využití v potravinářství je omezené (HEŘT, 1995).

V oddencích osladiče obecného (kapradina) se nachází steroidní saponin osladin, jehož sladivost je 3 000 krát vyšší, než sacharóza. Pro určité toxikologické účinky je jeho používání výrazně omezeno (HEŘT, 1995).

V listech keře stévie sladké byla nalezena skupina glykosidů (steviosid, rebaudiosid A, dulkosid A a jiné), které vykazují sladkost asi 150 až 300 krát vyšší, než u sacharózy. Jejich obsah v rostlině je nezvykle vysoký (až 6 %) a proto byly listy tohoto keře již v dávné době využívány ke žvýkání jihoamerickými domorodci. Dnes se keř cíleně pěstuje jako potravinářská plodina a izolovaná směs glykosidů je využívána ke slazení nealkoholických nápojů, cukrovinek a žvýkaček. Mnoha odborníky je steviosid považován za sladidlo budoucnosti, i když s určitými výhradami (někteří odborníci poukazují na příbuznost ke steroidům a tím i na možná rizika vyplývající z případného podobného účinku – zatím to ale nebylo exaktně prokázáno). Hodnota ADI (akceptovatelný denní příjem) pro steviosid byla stanovena na 4 mg na kg hmotnosti a den (HEŘT, 2011).

Ovoce rostliny *Dioscoreophyllum cumminsii* obsahuje protein monellin vykazující 1 500 až 3 000 krát intenzivnější sladkou chuť než sacharóza. Pro využití v potravinářství zatím nejsou příznivé podmínky, protože při jeho zpracovávání dochází ke štěpení peptidické vazby a vzniklé peptidy ztrácejí sladkost. Vykazuje slabou lékořicovou příchut.

Podobně se v ovoci rostliny *Thaumatococcus danielli* nachází protein (označuje se jako thaumatin), který vykazuje až 3 000 krát vyšší sladivost ve srovnání se sacharózou. I jeho použití je omezené, protože v kyselém prostředí dochází ke ztrátě sladké chuti. Tento protein je dobře rozpustný ve vodě a odolný vůči zvýšené teplotě, vyznačuje se však pachutí lékořice. Z tohoto důvodu je vhodný k použití zvláště v kombinaci s ostatními sladidly a nachází uplatnění především při výrobě cukrovinek. Thaumatin má schopnost modifikovat chuť jiných přísad a na druhé straně potlačovat chuť nežádoucí. V lidském organismu se metabolizuje jako ostatní bílkoviny. Doposud prováděné studie zaměřené na prokázání vlivu

thaumatinu na lidský organismus i na organismus zvířat neprokázaly žádné negativní účinky. Použití thaumatinu v potravinách je považováno za bezpečné (HEŘT, 2011).

Zajímavým sladidlem je mirakulin, což je glykoprotein izolovaný z keře *Synsepalum dulcificum*. Jeho zvláštnost spočívá v tom, že je sladký pouze v kyselých potravinách nebo v nápojích okyselených kyselinou citrónovou. Jakmile se však pH potraviny změní do neutrální nebo slabě bazické oblasti, sladkost tohoto glykoproteinu zmizí. Vzhledem k této vlastnosti se toto sladidlo spotřebitelsky neujalo (HEŘT, 1995).

2.3.3 Syntetické látky identické s přírodními

Redukcí přírodních monosacharidů vznikají polyoly neboli cukerné alkoholy. Jedná se o látky s příjemnou a lahodnou chutí, jejichž sladivost je obvykle nižší než u sacharózy. V tlustém střevě se metabolizují na nižší mastné kyseliny, a proto jsou v konečném důsledku zdrojem určité energie. Z fyzikálního hlediska jsou zajímavé i tím, že mají vyšší endotermní rozpouštěcí entalpii. Pokud jsou použity například pro výrobu cucavého bonbónu, pak takový bonbón při rozpouštění v ústech vyvolává chladivý pocit. Při větší konzumaci však mohou polyoly vyvolat mírně laxativní účinek (slabý průjem). Proto musí být na obalu potravin obsahujících polyoly upozornění, že nadměrná konzumace může vyvolat projímavé účinky. U každého jedince je však citlivost na polyoly jiná. Zákonitě se tedy uvádí i poměrně široké rozmezí hodnot, které mohou projímavý účinek vyvolat. Problémem všech cukrů využívaných při výrobě potravin je skutečnost, že jsou velice dobře metabolizovány mikroorganismy. Při konzumaci potraviny s cukrem ulpívají zbytky cukru na stěnách ústní dutiny a na zubech. Následně je tento cukr bakteriemi v ústní dutině přeměňován na kyseliny, které naleptávají zubní sklovinu a v konečném důsledku vyvolávají vznik zubního kazu. Většina polyolů není běžnými bakteriemi metabolizována a proto vznik zubního kazu nezpůsobují (MURRAY *et al.*, 2005).

Nejpoužívanějším alkoholickým cukrem je sorbitol ($C_6H_{14}O_6$), označovaný také jako glucitol, avšak u diabetiků je jeho používání limitováno (může u nich způsobovat rozpad buněk). Má příjemnou sladkou chuť a dosahuje přibližně 60 % sladivosti ve srovnání s cukrem. Isomerem sorbitolu je mannitol, který je srovnatelně

sladký se sorbitolem, ale na rozdíl od něj je vhodný i pro diabetiky. Používá se hlavně pro výrobu žvýkaček a k výrobě žvýkacích tablet ve farmacii. Ekvimolární směs sorbitolu a mannitolu se označuje jako isomalt (také označovaný jako palatinit). Je o něco málo sladší než oba alkoholické cukry, ale ve směsi s jinými polyoly se jeho sladkost zvyšuje. Zvýrazňuje také přirozenou chuť potravin. Uplatnění nachází především při výrobě cukrovinek. Je vhodným sladidlem pro diabetiky, má příjemnou chuť a patří mezi nízkoenergetická sladidla. Nezpůsobuje kazivost zubů (VELÍŠEK *et al.*, 2009).

Z maltózy se vyrábí maltitol, který je sladivostí téměř srovnatelný s cukrem. Ve vyšších dávkách má však projímavé účinky. Vyrábí se zejména ve formě sirupu a v této formě je určen pro receptury různých potravin. Prášková forma našla uplatnění především při výrobě čokolády (KADLEC *et al.*, 2009).

2.3.4 Modifikované přírodní látky

Do této skupiny patří látky, které jsou získané z přírodních zdrojů (nebo jsou vyrobeny synteticky a přitom jsou chemicky identické s látkou z přirozeného zdroje), avšak jejich molekula je vhodnou chemickou reakcí pozměněna (KARLSON, 1981).

Příkladem je aspartam ($C_{14}H_{18}N_2O_5$), jedná se o dipeptid, který je složen ze dvou aminokyselin (L-asparagobé a L-fenylalaninu) jako metylester, které se běžně vyskytují v bílkovinách v přírodě. Je to bílý krystalický, málo termostabilní prášek. Protože je teplotně nestálý, nemůže být používán na pečení (těsto se „nenafoukne“ jako při pečení se sacharóou). Aspartam se totiž při teplotách nad $196^{\circ}C$ rozpadne na výchozí složky, a tím ztratí svou sladkou chuť. Aspartam se v současné době používá jako náhražka cukru v potravinách, především v tzv. nízkoenergetických nápojích a jako korigens v některých tekutých perorálních léčivech a přípravcích pro hygienu ústní dutiny. Aspartam je přísadou ve více než 6 000 druzích potravinářských výrobků (KADLEC *et al.*, 2009).

Sukralóza ($C_{12}H_{19}Cl_3O_8$) je chemicky pozměněný řepný cukr. Jedná se o trichlóorderivát sacharózy a je to poměrně nové sladidlo, které není ještě ve všech zemích povoleno k používání. Sukralóza je odolná vůči kyselinám a nepodléhá ani enzymové přeměně. Velkou předností je i její vysoká tepelná stabilita umožňující

prakticky bezproblémovou tepelnou úpravu pokrmů. Její chuťový profil je hodně podobný cukru, avšak s postupným nástupem a naopak s delším odezníváním sladké chuti. Dosavadní toxikologické studie zatím neprokázaly negativní účinky tohoto sladidla na lidský organismus při povolených dávkách. Zatím je však k dispozici jen omezené množství informací o jeho působení při dlouhodobě podávaných vyšších dávkách. Hodnota ADI byla stanovena na $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ (ODSTRČIL *et al.*, 2006).

Dulcin ($\text{C}_9\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$) je další z řady syntetických sladidel, které našly uplatnění především v nápojovém průmyslu. Z chemického hlediska se jedná o 4-ethoxyfenyl močovinu. Je přibližně 150 až 250 krát sladší než sacharóza. Za běžných podmínek je to stálá látka. V kyselém prostředí se rozkládá, přičemž produkty rozkladu již nevykazují sladkou chuť. S ohledem na určitá toxikologická rizika se od jeho používání ustupuje a v řadě zemí již není povolen (DAVÍDEK *et al.*, 1983).

Během druhé světové války byla vyvinuta skupina sladidel ze skupiny derivátů 1-alkoxy-2-amino-4-nitro benzenu, přičemž propylderivát byl po určitou dobu vyráběn pod označením P-4000. Je 4 000 krát sladší než sacharóza, nemá prakticky žádnou nežádoucí příchuť a vykazuje i poměrně dobrou stabilitu. Později byla pod vlivem zjištění o toxických účincích celé řady průmyslově vyráběných látek zastavena i výroba tohoto sladidla. Masivní výroba sladidla sacharin pak v poválečném období tuto látku zcela vyřadila z dalšího zájmu potravinářských odborníků. Podobný osud postihl i další sladidlo dodávané pod obchodním názvem Snosan, což je z chemického hlediska 3-(4-nitrofenyl) karbamidopropionová kyselina, která je asi 150 krát sladší než sacharóza. Je dobře rozpustná ve vodě, stabilní i při vyšších teplotách, ale při vyšších koncentracích je hořká (VELÍŠEK *et al.*, 2009).

Cyklamát je vlastně skupina tří látek, kyseliny cyklohexylsulfamové a její sodné a vápenaté soli. U tohoto sladidla je zajímavé, že se vzrůstající koncentrací klesá jeho sladkost (při koncentraci do 0,17 % hmotnostních je sladivost asi 50 krát vyšší než u sacharózy). Používá se hlavně při výrobě nealkoholických nápojů a stolních sladidel. Při studiu rozkladných produktů vlivem působení vyšší teploty bylo vysloveno podezření na jeho karcinogenitu. Výhrady proti cyklamátu se zakládají na zjištění z roku 1967. Cyklamát se v těle metabolizuje

na cyklohexylamin, který je velmi toxický, nebo na dicyklohexylamin, který je naopak karcinogenní. Později se zjistilo, že k rozkladu dochází i za teplot obvyklých při přípravě pokrmů a následně byl pro podezření z negativního působení na zdraví člověka v řadě zemí zakázán. V současné době převládá názor, že cyklamáty nezpůsobují rakovinu přímo, ale spíše zvyšují sílu jiných karcinogenů. Proto bylo jeho používání opět povoleno, ale pro přetrvávající pochybnosti je znovu předmětem toxikologického zkoumání. V ČR je jeho používání povoleno, ale nedoporučuje se ho podávat dětem a těhotným ženám. Hodnota ADI byla stanovena na $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ (ODSTRČIL *et al.*, 2006).

Acesulfam K je draselná sůl 6-methyl-1,2,3-axathiazin-4(3H)-on-2,2 dioxidu. Jedná se o sladidlo asi 100 až 200 krát sladší než sacharóza. Při obvyklých teplotách je stálý, rozkládá se až při teplotách nad 235°C . Zanechává v ústech hořkou pachut', proto se zřídka používá samostatně jako sladidlo, spíše se používá ve směsi sladidel zvláště v kombinaci s aspartamem. Původní testy na zvířatech naznačovaly možnost karcinogenity tohoto sladidla, toto podezření však nakonec nebylo jednoznačně potvrzeno. Bylo však prokázáno, že vysoké dávky produktu rozkladu acesulfamu (acetoacetamidu) ovlivňovaly funkci štítné žlázy u pokusných zvířat. V malých dávkách není acesulfam K škodlivý a zatím nebyly s jistotou prokázány žádné toxické účinky. Protože však u části odborníků určité pochybnosti přetrvávají, je acesulfam K podobně jako sacharin a cyklamát předmětem opakovaného toxikologického prověřování zdravotní nezávadnosti. Hodnota ADI byla stanovena na $9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ (VELÍŠEK *et al.*, 2009).

3. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je u vybraných dobrovolníků měřit hodnoty glykemie v krvi osob před a po konzumaci potravin slazených různými typy sladidel. Na základě výsledků porovnat vliv steviol-glykosidů a řepného cukru na glykemický index.

4. MATERIÁL A METODIKA

Hladina glykémie byla měřena pomocí přístroje FORA Diamond PRIMA (FaraCare Suisse AG, Švýcarsko). Součástí glukometru bylo odběrové pero, do kterého se umístila lanceta, nastavila se hloubka vpichu a byl učiněn vpich do prstu testované osoby (před odběrem si dobrovolníci umyli ruce mýdlem a teplou vodou a první kapka po vpichu byla vždy setřena). Pomocí testovacího proužku byl učiněn odběr kapky krve a proužek se umístil do glukometru. Přístroj vyhodnotil úroveň glykémie za 5 vteřin, a byl nastaven na měření před a po jídle.

Měření se účastnilo celkem 21 dobrovolníků, jeden z nich má cukrovku. Probíhalo v termínu od 4. 3. 2015 do 19. 3. 2015, v časovém rozmezí od 7.15 do 9.45 hodin.

Dobrovolníkům byla vždy změřena hladina glykémie na lačno, a pak znovu cca 30 minut po užití různého druhu sladidla.

V prvním měření byl dobrovolníkům podán roztok 20% glukózy v množství 250 g (50 g Glukopuru ve 200 g pitné vody).

Ve druhém pokusu bylo dobrovolníkům podáno 250 g roztoku Rebaudiosidu A – 98% (0,11 g Rebaudiosidu A (98%) a 249,89 g pitné vody).

Ve třetím měření byl dobrovolníkům podán krajíc černého chleba Pumpernickel namazaný borůvkovým džemem oslazeným stévií sladkou.

Ve čtvrtém měření konzumovali dobrovolníci krajíc černého chleba namazaný fíkovým džemem slazeným řepným cukrem.

Výsledky byly tabulkově a graficky zpracovány a statisticky vyhodnoceny pomocí programu MS OFFICE (MICROSOFT, USA).

5. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Měření bylo uskutečněno celkem na 21 dobrovolnících, probíhalo v termínu od 4. 3. 2015 do 19. 3. 2015, v časech od 7.15 do 9.45 hodin. V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny všechny naměřené hodnoty (v $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), kdy v prvním sloupci je uvedené pohlaví a věk dobrovolníka a v následujících čtyřech sloupcích hodnoty jednotlivých pokusů. Ty jsou vždy rozděleny ještě na dva sloupce, v levém sloupci je uvedena hodnota na lačno a v pravém hodnota po podání jednotlivých pochutin s různými druhy sladidel.

Tabulka č. 3 – Souhrnné výsledky měření úrovně glykémie v krvi před a po užití různých druhů sladidel (v $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)

Pohlaví, věk	1. Glukóza 20 %		2. Rebaudiosid A (98 %)		3. Džem - stévie		4. Džem - řepný cukr	
1. žena, 20	4,7	8,6	5,0	4,9	4,8	6,2	4,9	7,7
2. žena, 22	5,3	11,0	5,5	5,3	5,2	5,9	5,2	8,6
3. žena, 23	5,4	12,1	5,3	5,7	5,5	6,7	4,9	9,2
4. žena, 24	5,4	9,6	5,2	5,1	5,1	6,4	5,5	6,0
5. žena, 24	4,5	7,7	6,3	6,5	5,0	5,8	4,8	6,9
6. žena, 24	6,2	7,8	4,8	5,5	5,1	6,7	6,9	8,1
7. žena, 24	6,0	8,8	6,0	5,5	6,1	6,9	5,9	6,7
8. žena, 24	5,3	9,8	5,5	4,8	5,1	5,9	4,9	7,0
9. žena, 24	6,0	7,9	5,1	5,0	4,9	5,3	5,0	6,2
10. žena, 41	5,3	10,0	5,2	5,7	4,8	6,3	4,9	7,5
11. žena, 42	6,0	7,5	4,8	5,1	5,2	6,3	5,0	6,4
12. muž, 20	6,0	8,8	5,5	4,8	5,3	5,2	5,1	6,8
13. muž, 20	5,9	8,3	6,1	6,0	5,8	6,5	6,0	7,4
14. muž, 21	4,2	7,8	4,4	4,5	4,5	6,1	4,8	7,2
15. muž, 23	5,1	8,7	5,0	4,9	4,9	6,8	5,1	7,5
16. muž, 23	4,6	8,3	4,5	4,6	4,6	5,9	4,4	7,6
17. muž, 24 C			5,1	5,1	4,7	4,8		
18. muž, 25	5,3	10,2	6,8	5,6	6,3	5,8	5,6	8,3
19. muž, 25	4,5	6,0	4,7	4,6	4,4	6,5	4,5	6,8
20. muž, 25	4,8	9,2	4,6	4,7	4,5	6,4	4,6	6,4
21. muž, 26	4,5	9,6	5,2	5,1	5,1	6,4	5,5	6,0

Dobrovolník č. 17, označený tučným písmenem C trpí diagnostikovanou cukrovkou, tudíž se neúčastnil všech měření. Byl mu podán jen roztok Rebaudiosidu A a krajíc chleba, namazaný džemem oslazeným stévií sladkou, kterou obvykle používá jako sladidlo.

Pro porozumění výsledků měření, je podle pokynů glukometru uvedena tabulka č. 4, rozmezí optimální hladiny glykémie na lačno a po jídle.

Tabulka č. 4 – Hladina glykémie (v $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)

Hladina glykémie	na lačno	po jídle
v normě	3,8 – 7,1	3,8 – 9,9
vysoká	7,2 – 13,2	10,0 – 13,2

Podle výsledků měření je zřejmé, že každý dobrovolník má dle funkce svého organismu odlišnou hodnotu glykémie na lačno. A také, že každý jedinec reaguje na podání sladidla rozdílně. Průměrná hodnota hladiny glykémie na lačno byla podle naměřených údajů $5,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Porovnání výsledků je obsaženo v následujících podkapitolách.

5.1 Porovnání hodnot hladiny glykémie v krvi po podání roztoku 20% glukózy a Rebaudiosidu A (98 %)

Hladina glykémie po podání roztoku 20% glukózy vzrostla u každého dobrovolníka velmi odlišně (tabulka č. 5). Nejvyšší nárůst glykémie byl změřen u dobrovolnice č. 3 – o $6,7 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Naopak nejnižší nárůst byl změřen u dobrovolníka č. 19 – a to o $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Úroveň glykémie celkem vzrostla u jednoho dobrovolníka celkem o 69,2 %, a průměrně vzrostla o $3,6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ na osobu.

Po podání roztoku Rebaudiosidu A (98 %), namíchaného na stejnou sladkost jako byla u glukózy, jelikož je stévie až 450 krát sladší. Byly naměřeny zcela odlišné hodnoty glykémie než u roztoku glukózy (tabulka č. 5). Celkem úroveň

glykémie u jednoho dobrovolníka po podání Rebaudiosidu A klesla o -1,4 %, průměrně o -0,08 mmol*I⁻¹. Hodnoty u dvanácti dobrovolníků klesaly, nejnižší hodnota poklesla u dobrovolníka č. 18 o -1,2 mmol*I⁻¹. U devíti hladina nepatrně stoupla, nejvíce u dobrovolnice č. 6 o 0,7 mmol*I⁻¹. Dobrovolník s cukrovkou č. 17, si po podání Rebaudiosidu A udržel stálou hladinu glykémie na úrovni 5,1 mmol*I⁻¹.

Tabulka č. 5 – Výsledky měření hladiny glykémie v krvi před a po podání glukózy 20 % a Rebaudiosidu A (v mmol*I⁻¹)

Pohlaví, věk	1. Glukóza 20 %		2. Rebaudiosid A (98 %)	
1. žena, 20	4,7	8,6	5,0	4,9
2. žena, 22	5,3	11,0	5,5	5,3
3. žena, 23	5,4	12,1	5,3	5,7
4. žena, 24	5,4	9,6	5,2	5,1
5. žena, 24	4,5	7,7	6,3	6,5
6. žena, 24	6,2	7,8	4,8	5,5
7. žena, 24	6,0	8,8	6,0	5,5
8. žena, 24	5,3	9,8	5,5	4,8
9. žena, 24	6,0	7,9	5,1	5,0
10. žena, 41	5,3	10,0	5,2	5,7
11. žena, 42	6,0	7,5	4,8	5,1
12. muž, 20	6,0	8,8	5,5	4,8
13. muž, 20	5,9	8,3	6,1	6,0
14. muž, 21	4,2	7,8	4,4	4,5
15. muž, 23	5,1	8,7	5,0	4,9
16. muž, 23	4,6	8,3	4,5	4,6
17. muž, 24 C			5,1	5,1
18. muž, 25	5,3	10,2	6,8	5,6
19. muž, 25	4,5	6,0	4,7	4,6
20. muž, 25	4,8	9,2	4,6	4,7
21. muž, 26	4,5	9,6	5,2	5,1

5.2 Porovnání hodnot hladiny glykémie v krvi po podání džemu se stévií a s řepným cukrem

V dalším měření byl dobrovolníkům podán krajíc celozrnného žitného chleba Pumpernickel namazaný džemem, nejprve oslazeným stévií a následně džemem s řepným cukrem. Musíme zohlednit fakt, že námi zvolený chléb již obsahuje sacharidy – $36 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ z toho cukry 4 g.

U pokusu s džemem oslazeným stévií celkem úroveň glykémie stoupla na osobu o 20,5 %, a byl zjištěn průměrný nárůst hladiny glykémie o $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Hladina glykémie téměř u většiny dobrovolníků stoupla (tabulka č. 6), nejvýše dobrovolníkovi s č. 19 – a to o $2,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. U dobrovolníka s č. 12 hladina glykémie klesla o $-0,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, a u dobrovolníka č. 18 klesla dokonce o $-0,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Diabetik, dobrovolník s č. 17, po užití krajíce s džemem se stévií si opět udržel téměř totožnou hodnotu glykémie, vzrostla mu pouze o $0,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Na rozdíl od džemu se stévií vzorku s cukrem všechny hladiny glykémie stouply, průměrně o $2,0 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ na osobu, celkem o 39,4 %. Nejnižší nárůst hladiny glykémie o $0,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ byl změřen současně u dobrovolnice č. 4, a u dobrovolníka č. 21. Naopak nejvyšší nárůst hladiny glykémie o $4,3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ u dobrovolnice č. 3.

Tabulka č. 6 – Výsledky měření hladiny glykémie v krvi před a po podání džemů se stévií a s řepným cukrem (mmol*l⁻¹)

Pohlaví, věk	3. Džem - stévie		4. Džem - řepný cukr	
1. žena, 20	4,8	6,2	4,9	7,7
2. žena, 22	5,2	5,9	5,2	8,6
3. žena, 23	5,5	6,7	4,9	9,2
4. žena, 24	5,1	6,4	5,5	6,0
5. žena, 24	5,0	5,8	4,8	6,9
6. žena, 24	5,1	6,7	6,9	8,1
7. žena, 24	6,1	6,9	5,9	6,7
8. žena, 24	5,1	5,9	4,9	7,0
9. žena, 24	4,9	5,3	5,0	6,2
10. žena, 41	4,8	6,3	4,9	7,5
11. žena, 42	5,2	6,3	5,0	6,4
12. muž, 20	5,3	5,2	5,1	6,8
13. muž, 20	5,8	6,5	6,0	7,4
14. muž, 21	4,5	6,1	4,8	7,2
15. muž, 23	4,9	6,8	5,1	7,5
16. muž, 23	4,6	5,9	4,4	7,6
17. muž, 24 C	4,7	4,8		
18. muž, 25	6,3	5,8	5,6	8,3
19. muž, 25	4,4	6,5	4,5	6,8
20. muž, 25	4,5	6,4	4,6	6,4
21. muž, 26	5,1	6,4	5,5	6,0

5.3 Porovnání hodnot hladiny glykémie v krvi po podání sladidel u žen a mužů

5.3.1 Ženy

Nejnižší naměřená hodnota glykémie u žen na lačno byla u ženy č. 5 – 4,5 mmol*l⁻¹ (tabulka č. 7). Naopak nejvyšší byla naměřena u dobrovolnice č. 7 – 6,9 mmol*l⁻¹. Průměrná hladina glykémie u žen na lačno činí 5,3 mmol*l⁻¹.

Tabulka č. 7 – Výsledky měření hladiny glykémie v krvi před a po podání sladidel u žen (v mmol*l⁻¹)

Pohlaví, věk	1. Glukóza 20 %		2. Rebaudiosid A (98 %)		3. Džem - stévie		4. Džem - řepný cukr	
1. žena, 20	4,7	8,6	5,0	4,9	4,8	6,2	4,9	7,7
2. žena, 22	5,3	11,0	5,5	5,3	5,2	5,9	5,2	8,6
3. žena, 23	5,4	12,1	5,3	5,7	5,5	6,7	4,9	9,2
4. žena, 24	5,4	9,6	5,2	5,1	5,1	6,4	5,5	6,0
5. žena, 24	4,5	7,7	6,3	6,5	5,0	5,8	4,8	6,9
6. žena, 24	6,2	7,8	4,8	5,5	5,1	6,7	6,9	8,1
7. žena, 24	6,0	8,8	6,0	5,5	6,1	6,9	5,9	6,7
8. žena, 24	5,3	9,8	5,5	4,8	5,1	5,9	4,9	7,0
9. žena, 24	6,0	7,9	5,1	5,0	4,9	5,3	5,0	6,2
10. žena, 41	5,3	10,0	5,2	5,7	4,8	6,3	4,9	7,5
11. žena, 42	6,0	7,5	4,8	5,1	5,2	6,3	5,0	6,4

Z glukózového testu bylo zjištěno, že průměrný nárůst hladiny glykémie u jedné ženy byl průměrně o 3,7 mmol*l⁻¹ – o 67,7 %. Po podání Rebaudiosidu A byl zjištěn průměrný nárůst hladiny glykémie o 0,04 mmol*l⁻¹, tedy o 0,7 %. Na chléb s džemem, oslazeným stévií, reagovala průměrně jedna dobrovolnici cenárůstem hladiny glykémie o 1,1 mmol*l⁻¹, tedy 20,4 %. Džem, oslazený cukrem, zvýšil hladinu glykémie dobrovolnici o 38,7 %, průměrně o 2,0 mmol*l⁻¹.

5.3.2 Muži

U mužů byla průměrná hodnota hladiny glykémie na lačno 5,3 mmol*l⁻¹. Nejnižší hodnota na lačno byla 4,2 mmol*l⁻¹ u muže č. 3, a naopak nejvyšší 6,8 mmol*l⁻¹ u muže č. 7 (tabulka č. 8).

Tabulka č. 8 – Výsledky měření hladiny glykémie v krvi před a po podání sladidel u mužů (v mmol*l⁻¹)

Pohlaví, věk	1. Glukóza 20 %		2. Rebaudiosid A (98 %)		3. Džem - stévie		4. Džem - řepný cukr	
1. muž, 20	6,0	8,8	5,5	4,8	5,3	5,2	5,1	6,8
2. muž, 20	5,9	8,3	6,1	6,0	5,8	6,5	6,0	7,4
3. muž, 21	4,2	7,8	4,4	4,5	4,5	6,1	4,8	7,2
4. muž, 23	5,1	8,7	5,0	4,9	4,9	6,8	5,1	7,5
5. muž, 23	4,6	8,3	4,5	4,6	4,6	5,9	4,4	7,6
6. muž, 24 C			5,1	5,1	4,7	4,8		
7. muž, 25	5,3	10,2	6,8	5,6	6,3	5,8	5,6	8,3
8. muž, 25	4,5	6,0	4,7	4,6	4,4	6,5	4,5	6,8
9. muž, 25	4,8	9,2	4,6	4,7	4,5	6,4	4,6	6,4
10. muž, 26	4,5	9,6	5,2	5,1	5,1	6,4	5,5	6,0

Při glukózovém testu stoupla hladina glykémie jednomu muži průměrně o 67,7 %, tedy o 3,7 mmol*l⁻¹. Po užití Rebaudiosidu A byl zjištěn naopak nejvyšší pokles průměrně o -3,9 %, což je průměrně o -0,2 mmol*l⁻¹. Na džem, oslazený stévií, reagovaly muži nárůstem GI o 20,6 % na jednoho muže, průměrně stoupla hodnota o 1,0 mmol*l⁻¹. Džem s cukrem zvýšil hladinu glykémie jednomu dobrovolníkovi průměrně o 2,0 mmol*l⁻¹, tedy o 40,4 %.

6. DISKUSE

Cílem této práce bylo porovnat vliv steviol-glykosidů a řepného cukru na glykemický index. Každý organismus reagoval na podání sladidel odlišně. I lačné hodnoty byly u dobrovolníků velice rozdílné, jelikož každý metabolismus zpracovává cukry odlišně.

Sladidla v potravinách řadíme mezi přídatné látky, tzv. aditiva jsou chemické látky, které se přidávají do potravin kvůli vylepšení nebo zachování jejich trvanlivosti nebo vzhledu, konzistence, chutě, vůně, atd. Potravinářské přídatné látky jsou látky, které se zpravidla nepoužívají samostatně ani jako potravina, ani jako charakteristická potravní přísada a přidávají se do potravin při výrobě, balení přepravě nebo skladování, čímž se samy, nebo jejich vedlejší produkty, stávají nebo mohou stát součástí potraviny. Veškeré množství přídatných látek v potravinách je řízeno legislativně, a také kontrolováno, upravuje ho Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách.

V rámci EU byl zaveden systém rychlého (včasněho) varování pro potraviny a krmiva (Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF), který slouží pro ohlašování rizikových potravin a krmiv za účelem zamezení jejich uvádění do oběhu nebo za účelem jejich stažení zespolečného evropského trhu. Systém RASFF je zřízen ve formě sítě, která zahrnuje Evropskou komisi, členské státy Evropské unie a Evropský úřad pro bezpečnost potravin. Hlášení do tohoto systému za Českou republiku zajišťuje Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI).

Stévie sladká nebo také sladká tráva, Sugar Baby či latinsky *Stevia rebaudiana* je považována za přírodní nekalorické sladidlo. Nejenže je až 300 krát sladší než cukr, za což vděčí komplexu sladivých látek souhrnně označovaných jako steviosid (nachází se jak v listech, tak i v celé nadzemní části rostliny), ale navíc obsahuje jednu ještě více sladivou látku – rebaudiosid A, dále rebaudiosid C, D, E, dulkosid B a steviolbiosid. Steviosid nezpůsobuje zvýšení hladiny cukru v krvi, ale naopak ho pomáhá udržovat v rovnováze v krvi a játrech. Podporuje činnost pankreasu a léčí diabetes II. typu. Jako nízkokalorické sladidlo je stévie vhodná jak pro diabetiky a hypoglykemiky, tak pro všechny, kteří chtějí svou váhu udržet na uzdě. Její využití je opravdu velmi široké, kromě výše

uvedených chvályhodných vlastností umí stévie ochránit před vysokým tlakem, podporuje dobré trávení, odtučňuje a zároveň se podílí na zhuštění svalové hmoty. Napomáhá buněčnému metabolismu, zvyšuje energetické hladiny a mentální aktivitu, má antibakteriální a protivirové účinky. Prokazatelně snižuje únavu a únavový syndrom, pomáhá proti kožním nemocem, snižuje touhu po tabáku a alkoholických nápojích, také může příznivě působit při alergii, a má mnoho dalších vhodných účinků. Jsou termostabilní i při teplotách 250°C, lze je proto používat při pečení a dalších tepelných úpravách. Stévie má také svou specifickou chuť. Z umělých sladidel lze takto použít jen sukralózu nebo aspartam smíchaný s acesulfamem. Sladší chuť než cukr mají i umělá, synteticky vyrobená sladidla. Ale na rozdíl od stévie o nich nemůžeme mluvit jako o sladidlech přírodního původu. A je asi pravda, že i pro organismus budou přírodní látky přijatelnější než ty uměle vyrobené. Jejimi lístky si osladíme čaj i další nápoje nebo jídla. Lze je používat čerstvé, mražené i sušené. Čerstvé obsahují kromě glykosidů stévie také nezanedbatelné množství vitamínů (E, K, P, A, C, B), minerálů (fosfor, vápník, železo, hořčík, chróm, kobalt, selen, křemík) i antioxidantů. Většina lidí asi sáhne po extraktech, ty lze koupit přes internet nebo v prodejnách se zdravou výživou, případně s bylinkami.

Mezi diabetiky se přezdívá jako „sladivá rostlina“. Extrakt z listů stévie nezvyšuje glykémii, takže je toto sladidlo vhodné pro diabetiky. Diabetici 1. typu si aplikují inzulín, který je schopen přibližně do dvou hodin od podání snížit glykémii z relativně vysoké hodnoty na normoglykémii. Pokud diabetik 1. typu sní např. zákusek s řepným cukrem a aplikuje si inzulín, tak přibližně do 2 hodin od podání inzulínu bude jeho glykémie téměř v normě. U diabetika 1. typu tedy není nutné stévii užívat. Diabetici 2. typu nejčastěji udržují své glykémie pomocí diety, jelikož jejich slinivka ještě stále funguje, ale je třeba jí omezováním sacharidů ve stravě pomoci. Když diabetik 2. typu sní zákusek slazený řepným cukrem, může počítat s nárůstem glykémie až po dobu několika hodin. Jeho slinivka totiž „nestíhá“ takový nápor a trvá jí hodně dlouho, než se s velkým množstvím sacharidů obsaženým v zákusku s řepným cukrem vyrovná. Diabetik 2. typu léčený dietou nemá žádný prostředek, který by slinivce pomohl se snižováním glykémie, na rozdíl od diabetika 1. typu, který si aplikuje inzulín, případně diabetika 2. typu užívajícího prášky. Stévie je tudíž velmi vhodná právě pro diabetiky 2. typu, kteří neužívají

prášky ani inzulín. Po zákusku slazeném stévií glykémie tolik nestoupne (ale stoupne přesto kvůli mouce) a slinivce se podaří dříve dostat glykémii do normálu. Stévie je samozřejmě vhodná i pro diabetiky 2. typu léčené prášky. Při slazení stévií můžete významně oddálit přechod z prášků na inzulín.

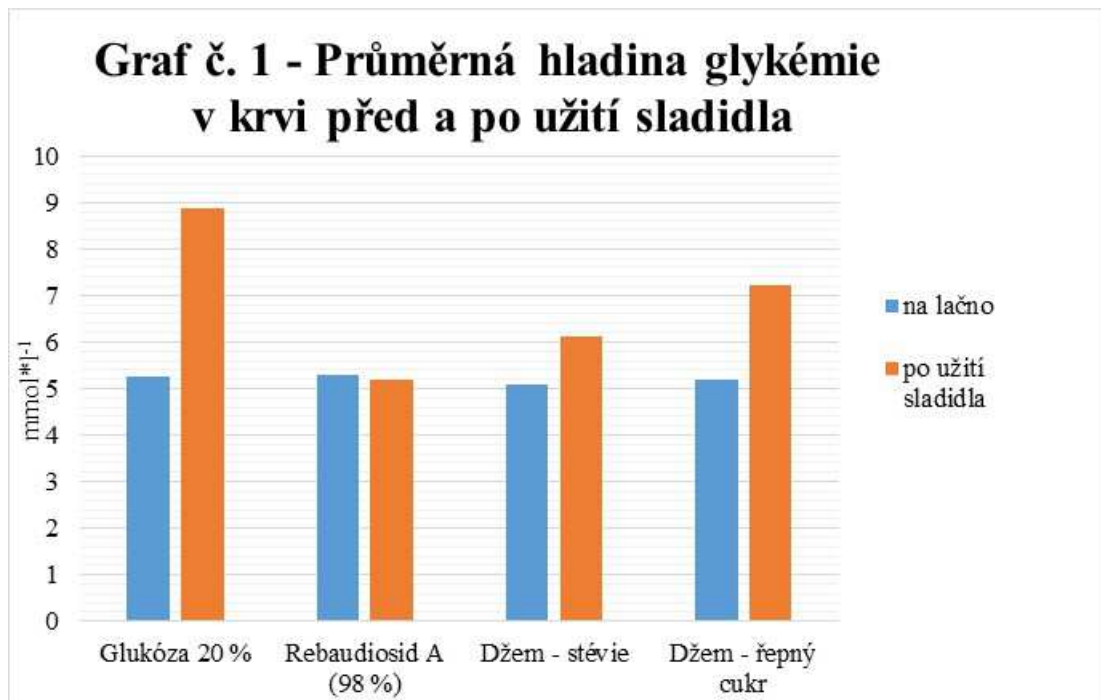
Stévie byla povolena až v roce 2011 Nařízením (EU) č. 1131/2011, kterým se změnila příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008. Povolilo se použití nové přídatné látky steviol-glykosidů (E 960) jako sladidel. Celkem bylo povoleno ve 31 různých kategoriích potravin, např. v nealkoholických nápojích, dezertech, cukrovinkách a stolních sladidlech.

Z výsledků měření je zřejmé (graf č. 1), že průměrné lačné hodnoty hladiny glykémie byly u všech měření přibližně stejné, jejich průměr u jednoho dobrovolníka činil $5,2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

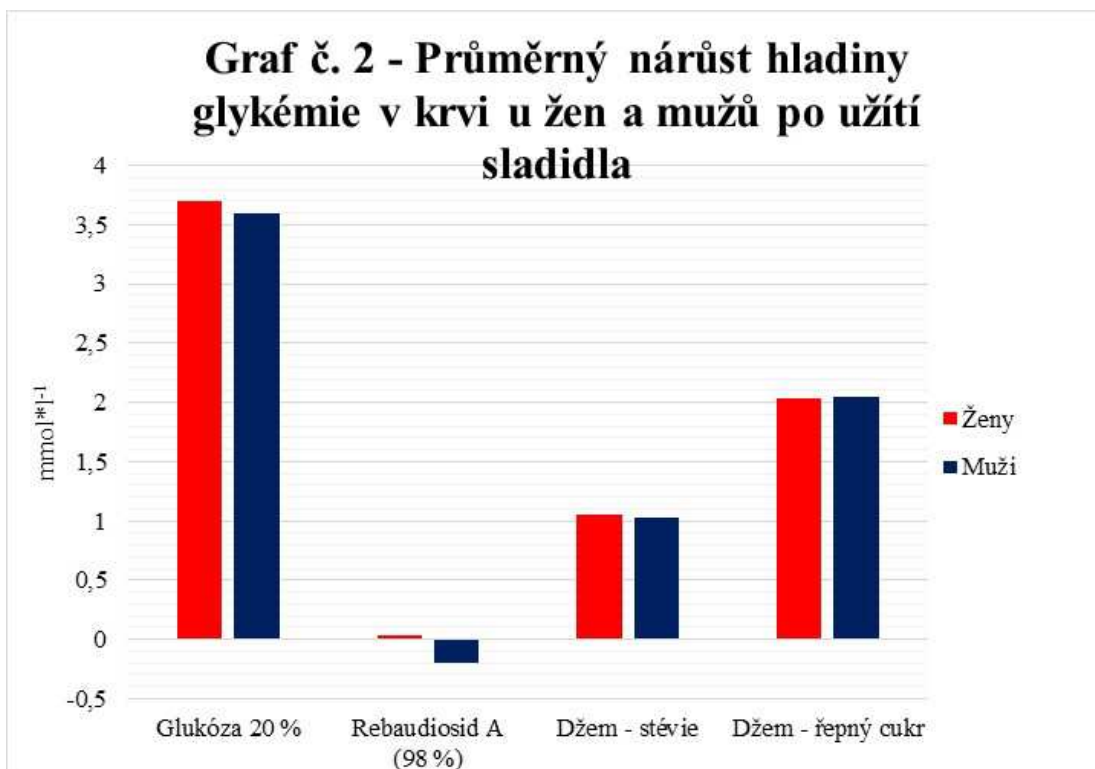
Po užití 20 ti procentního roztoku glukózy, byla naměřena průměrná hladina glykémie u dobrovolníka $8,9 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Dobrovolníkovi trpícímu cukrovkou nebyl vzhledem k jeho možným komplikacím roztok podán. V grafu č. 1 je zřejmé, že byl nárůst hladiny glykémie v krvi oproti stévii opravdu razantní.

Proti glukóze je z grafu č. 1 zřejmé, že průměrná naměřená hodnota glykémie v krvi u jednoho dobrovolníka po užití roztoku Rebaudiosidu A činila $5,2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, stejně jako byla průměrná hodnota na lačno. Testovaný dobrovolník s cukrovkou, stévii sladkou užívá při své nemoci jako sladidlo.

Po podání chleba s džemem oslazeným stévií sladkou byla zjištěna průměrná hladina glykémie $6,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ na jednoho dobrovolníka (graf č. 1). Po podání džemu s řepným cukrem byla průměrná hladina glykémie v krvi o něco vyšší a to $7,2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. U měření s džemem musíme brát v úvahu výživové složení použitého chleba, jak je uvedeno výše, chléb již nějaký cukr obsahuje.



V grafu č. 2 je znázorněno porovnání mužů a žen, o kolik průměrně vzrostla jejich hladina glykémie po užití sladidel. Po užití glukózového roztoku stoupla hladina glykémie v krvi u jedné ženy průměrně o 3,7 mmol·l⁻¹ a u jednoho muže průměrně o 3,6 mmol·l⁻¹. Naopak po podání roztoku Rebaudiosidu A průměrně klesla hladina glykémie v krvi u jednoho muže o -0,2 mmol·l⁻¹. U žen nepatrně stoupla o průměrně o 0,04 mmol·l⁻¹. Na podání chleba s džemem reagovali muži i ženy přibližně stejně, u džemu se stévií průměrně hladina glykémie v krvi stoupla u mužů i žen o 1,04 mmol·l⁻¹, a u džemu s řepným cukrem průměrně stoupla o 2,04 mmol·l⁻¹.



Při vyhodnocení výsledků se potvrdila naše domněnka, že u potravin kde byla jako sladidlo použita stévie sladká (steviol-glykosid), bude hodnota hladiny glykémie nižší než u potravin s řepným cukrem. Dle mého názoru i hodnoty mezi muži a ženami nebyly tak rozdílné, tudíž není hladina glykémie v krvi závislá na pohlaví.

7. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo u vybraných dobrovolníků měřit hodnoty glykémie v krvi před a po konzumaci potravin slazených různými typy sladidel a na základě výsledků porovnat vliv steviol-glykosidů a řepného cukru na glykemický index.

Výsledky měření ukázaly, že hladina glykémie v krvi po užití glukózy 20 % oproti Rebaudiosidu A opravdu rapidně stoupla, průměrně činila na jednoho dobrovolníka $8,9 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Hladina glykémie v krvi po vypití roztoku Rebaudiosidu A byla průměrně u jednoho dobrovolníka $5,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

V porovnání výsledků u měření s džemy, je také zřejmé, že džem se stévií sladkou nezvedl hladinu glykémie v krvi dobrovolníků tak jako džem s řepným cukrem. Hladina glykémie po podání krajíce chleba s džemem se stévií činila průměrně za jednoho dobrovolníka $6,1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. U džemu s řepným cukrem byla zjištěna průměrná hladina glykémie $7,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ na jednoho dobrovolníka.

Z výsledků měření je zřejmé, že steviol-glykosidy použité v potravinách jako sladidlo ovlivňují hladinu glykémie opravdu jen velmi málo.

Některé firmy již zavedli produkci výrobků slazené stévií. Na našem trhu můžeme najít kečupy, nápoje a mnoho dalších výrobků se stévií. Další otázkou nahrazení cukru v potravinách je specifická chuť stévie. Velkou roli zde jistě hrají také stravovací návyky, lidé jsou zvyklí na určitou chuť pokrmů a na příchut' stévie nejsou navyklí.

Myslím si, že tato bylina má v budoucnosti velký potenciál, jelikož u nás i ve světě stále více lidí trpí cukrovkou a obezitou.

8. SUMMARY

The aim of this thesis is to measure blood glucose level in the blood of selected group of volunteers before and after eating food sweetened with different types of sweeteners, and based on the results, compare the effect of steviol glycosides and beet sugar on the glycemic index.

The results showed that blood glucose level after ingestion of 20 percent glucose solution compared to Rebaudioside A indeed risen sharply, average blood glucose level after use was 8,9 mmol* l^{-1} . The average blood glucose level after us of Rebaudioside A solution was 5,2 mmol* l^{-1} .

In comparison of the results with measurements with jams with beet sugar, it is also clear that jam with stevia rebaudiana did not rise blood-glucose levels in the blood of volunteers such as jam with beet sugar. The average blood glucose level after eating slice of bread with jam sweetened with stevia was 6,1 mmol* l^{-1} . After use of jam with beet sugar the average blood glucose level was 7,2 mmol* l^{-1} per volunteer.

From the measurement results it is evident that steviol glycosides used in food as a sweetener affect the blood glucose level in human blood very little

Some companies have already started production of products sweetened with stevia. In our market we can find ketchup, beverages and many other products sweetened with stevia. Another question in replacing sugar in food with stevia is its specific taste. Main factor are also eating habits, people are accustomed to a certain taste of food and taste of stevia is not what they are accustomed to.

I think that this herb has great potential in the future, because in our country and in the world more and more people suffer from diabetes and obesity.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Anděl, M., Rybka, J., Zamrazil, V., (2001): *Diabetes mellitus* a další poruchy metabolismu, 1. vydání, Praha, 210 s., ISBN 80-7262-047-9.
2. Bartoš, V., Pelikánová, T., (2003): *Praktická diabetologie*, 3. vydání, Praha, 479 s., ISBN 80-85912-69-4.
3. Bělobrádková, J., Brázdová, L., (2006): *Diabetes mellitus*, 1. vydání, Brno, 161 s., ISBN 80-7013-446-1.
4. Bottermann, P., Koppelwieserová, M., (2008): *Můj problém....Cukrovka*, 1. vydání, Praha, 168 s., IOSBN 978-80-7376-090-8.
5. Čermák, B., (2002): *Výživa člověka*, 1. vydání, České Budějovice, 224 s., ISBN 80-7040-576-7.
6. Davídek, J., Janíček, G., Pokorný, J., (1983): *Chemie potravin*, 1. vydání, 629 s., ISBN 0-12-22-7235-8.
7. Dylevský, I., (2009): *Funkční anatomie*, 1. vydání, Praha, 544 s., ISBN 978-80-247-3240-4.
8. Heřt, J., (1995): *Alternativní medicína – možnosti a rizika*, 1. vydání, 218 s., ISBN 80-7106-230-8.
9. Heřt, J., (2011): *Alternativní medicína a léčitelství*, 3. vydání, Praha, 240 s., ISBN 978-80-87373-15-6.
10. Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M., (2009): *Technologie potravin*, 1. vydání, Ostrava, 536 s., ISBN 978-80-7418-051-4.
11. Karlson, P., (1981): *Základy biochemie*, 3. vydání, Praha, 501 s., ISBN 104-21-852.
12. Koyma, E., Kitazawa, K., Ohory, Y., Izawa, O., Kakegava, K., Fujino, A., (2003): *In vitro* metabolismen of the glykosidic sweeteners, Stevia mixture and enzymatically modified Stevia in human intestinal microflora. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 41, Issue 3, 359-374.
13. Kubát, K., (2001): *Jak se vyhnout cukrovce?*, 1. vydání, Praha, 112 s., ISBN 90-247-0059-8.
14. Kubát, K., Bělohlávková, R., (2002): *Klíč ke kveteně ČR*, 1. vydání, Praha, 927 s., ISBN 80-200-0836-5.

15. Lébl, J., Průchová, Š., Francová, H., Chválová, L., Komárková, J., Šitová, R., Škvor, J., (2004): Abeceda diabetu, 2.vydání, Praha, 183 s., ISBN 80-7345-022-4.
16. Lemus-Mondaca, R., Vega-Galvéz, A., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K., (2012): *Stevia rebaudiana Bertoni*, source of a high – potency natural sweeteners: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food Chemistry, č. 132, 1121-1132 s.
17. Mařatka, Z., (1999): Gastroenterologie, 1. vydání, Praha, 490 s., ISBN 10-80-7184-561-2.
18. Murray, R., K., Granner, D., K., Mayes, P., A., Rodwell, V., W., (2005), Harperova biochemie 3, 3. vydání, Praha, 871 s., ISBN 80-7319-013-3.
19. Odstrčil, J., Odstrčilová, M., (2006): Biochemie, 1. vydání, Brno, 164 s., ISBN 80-7013-435-6.
20. Pelikánová, T., (2003): Diabetologie a vybrané kapitoly z metabolismu, 1. vydání, Praha, 119 s., ISBN 80-7254-358-129.
21. Pokorný, J., (1996): Základy výživy a výživová politika, 1. vydání, Praha, 158 s., ISBN 80-7080-260-4.
22. Pól, J., Hohnová, B., Hyötyläinen, T., (2007): Charakterization of *Stevia rebaudiana* by comprehensive two-dimensional liquid chromatography time-of-flight mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1150, 85-92 s.
23. Racek, J., (2006): Klinická biochemie, 2. vydání, Praha, 329 s., ISBN 80-7262-324-9.
24. Rybka, J., (2006): Diabetologie pro sestry, 1. vydání, Praha, 288 s., ISBN 80-247-1612-7.
25. Serio, L., (2010): La *Stevia rebaudiana*, une alternative au sucre. Phytothérapie, vol. 8, 26-32.
26. Shukla, S., Mehta, A., Bajpai, V., K., Shukla, Sa., (2009): In vitro antioxidant activity and total phenolic content of the ethanolic leaf extract of *Stevia rebaudiana Bert.* ctive compound content of *Stevia rebaudiana* water extract. Food and Chemical Toxicology, vol. 47, Issue 9, 2338-2343 s.
27. Simonsohn, B., (2012): Stevia, sündhaft süß und urgesund: Die Alternative zu Zucker und Süßstoffen. Vollst. Taschenbuchaufl., 20. vydání, Oberstdorf: Windpferd, 190 s., ISBN 978-389-3856-114.

28. Speck, B., (2011): Mit Stevianatürlichsüssen, 5. Aufl., Weil der Stadt: Hädecke, 137 s., ISBN 978-377-5005-661.
29. Stoddard, M., N., (2007): A Tale of Two Sweeteners – Stevia and Aspartame. Aspartame Consumer Safety Network [on-line], [citace 18.7.2014]. Dostupné z: <http://aspartamesafety.com/web/articles/a-tale-of-two-sweeteners-stevia-and-aspartame>.
30. Šafránková, A., Nejedlá, M., (2006): Interní ošetrovatelství II, 1. vydání, Praha, 212 s., ISBN 978-80-247-1777-7.
31. Velíšek, J., Hajšlová, J., (2009): Chemie potravin, 3. vydání, Praha, 350 s., ISBN 978-80-86659-17-6.