

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

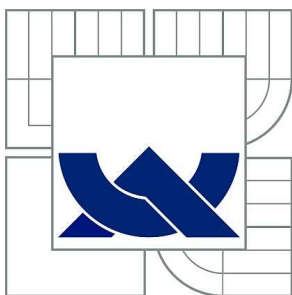
PREBIOTICKÉ SLADIDLO TAGATOSA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

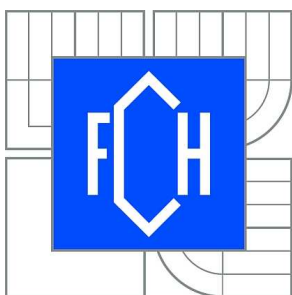
ZUZANA OLŠOVCOVÁ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## PREBIOTICKÉ SLADIDLO TAGATOSA

PREBIOTIC SWEETENER TAGATOSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ZUZANA OLŠOVCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. MILENA VESPALCOVÁ, Ph.D.

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0455/2009** Akademický rok: **2009/2010**  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Student(ka): **Zuzana Olšovcová**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin (B2901)  
Studijní obor: Potravinářská chemie (2901R021)  
Vedoucí práce **RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.**  
Konzultanti:

### Název bakalářské práce:

Prebiotické sladidlo tagatosa

### Zadání bakalářské práce:

- 1) Popis a vlastnosti tagatosa
- 2) Využití tagatosa v potravinách a legislativa
- 3) Tagatosa a lidské zdraví
- 4) Možnosti stanovení tagatosa

### Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2010

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Zuzana Olšovcová  
Student(ka)

-----  
RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2009

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Toto sladidlo má četné výhody, které by se časem i u nás mohly využívat v potravinovém průmyslu. Jsou zde shrnuty vlastnosti D-tagatasy, fyzikální také chemické a možnosti výroby D-tagatasy. V základních informacích o vlastnostech se také pojednává o samotném metabolismu D-tagatasy a jejich prebiotických vlastnostech v trávicím traktu. D-tagatosa je nově navržené náhradní sladidlo, také proto nesmí chybět možnost aplikace D-tagatasy v potravinách jako jsou např. cukrovinky. Vlastnosti D-tagatasy jsou porovnány se sladivostí klasického cukru. Nedílnou součástí je také možnost stanovení D-tagatasy v potravinách různými metodami a technikami.

## ABSTRACT

This sweetener has numerous advantages, which would eventually be able to use in the food industry. It summarizes the properties of D-tagatose, physical and also chemical, the possibility of production from lactose or bacterial action on D-talitol. The basic information about the properties of D-tagatasy also discusses the actual metabolism of D-tagatose, prebiotic properties and their effect in the gastrointestinal tract. D-tagatose is a proposed new sweetener, because the possibility can not be missed in certain applications tagatose in a different types of foods for example confectionery. And positive qualities in comparison with sucrose. This comparison is made to examples of disease associated with excessive use of conventional sweeteners - sucrose. This paper also discusses possibilities D-tagatose determination in foods by different methods.

## KLÍČOVÁ SLOVA

D-tagatosa, náhradní sladidla, monosacharid, ketohexosy, Maillardovy reakce, výroba D-tagatasy, Salivanův test, *Acetobacter suboxydans*, metabolismus D-tagatasy, metabolismus D-fruktosy, prebiotikum, obezita, diabetes mellitus, zubní kaz

## KEYWORDS

D-tagatose, sweeteners, monosaccharide, ketohexosy, Maillardovy reaction, production of D-tagatasy, Salivanův test, *Acetobacter suboxydans*, metabolism of D-tagatasy, metabolism of D-fructose, prebiotic, obesity, diabetes, tooth decay

OLŠOVCOVÁ, Z. *Prebiotické sladidlo tagatosa*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucí bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

podpis studenta

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1 Cíl práce.....   | 5  |
| 2 Náhradní sladidla.....   | 6  |
| 2.1 Klasifikace náhradních sladidel.....                           | 6  |
| 2.1.1 Výživová sladidla.....                                       | 7  |
| 2.1.2 Syntetické nevýživová sladidla.....                          | 7  |
| 2.1.2.1 Acesulfan K.....   | 7  |
| 2.1.2.2 Cyklamáty.....   | 7  |
| 2.1.2.3 Sacharin.....  | 7  |
| 2.1.2.4 Sukralosa.....   | 8  |
| 2.1.2.5 Další sladké sloučeniny.....                               | 8  |
| 2.1.3 Přírodní nevýživová sladidla.....                            | 9  |
| 2.1.3.1 Fyllodulcin.....   | 9  |
| 2.1.3.2 Monellin.....  | 9  |
| 2.1.3.3 Osladin.....   | 9  |
| 2.1.3.4 Steviosid.....   | 9  |
| 3 D-tagatosa.....  | 10 |
| 3.1 Popis a vlastnosti tagatasy.....                               | 10 |
| 3.1.1 Fyzikální vlastnosti.....                                    | 10 |
| 3.1.2 Chemické vlastnosti.....                                     | 11 |
| 3.1.2.1 Maillardovy reakce.....                                    | 11 |
| 3.1.3 Výrobní proces tagatasy.....                                 | 13 |
| 3.1.3.1 Výrobní proces z laktosy.....                              | 13 |
| 3.1.3.2 Výrobní proces z D-talitolu.....                           | 14 |
| 3.1.3.3 Jiné výrobní procesy.....                                  | 14 |
| 3.1.3.4 Test Reichsteina a Bossharda.....                          | 14 |
| 3.1.3.5 Selivanův test na redukující cukry.....                    | 15 |
| 3.1.3.6 Metabolismus tagatasy.....                                 | 15 |
| 3.1.3.7 Příklad studie metabolismu u prasete.....                  | 15 |
| 3.1.3.8 Využití tagatasy v játrech.....                            | 16 |
| 3.1.4 Prebiotické vlastnosti tagatasy.....                         | 17 |
| 3.2 Využití tagatasy v potravinách.....                            | 18 |
| 3.2.1 Použití tagatasy.....  | 18 |
| 3.2.1.1 Cukrovinky všeobecně.....                                  | 18 |
| 3.2.1.2 Nealkoholické nápoje.....                                  | 19 |
| 3.3 Legislativní opatření.....                                     | 20 |
| 3.3.1 Legislativní opatření ve světě.....                          | 20 |
| 3.3.2 Legislativní opatření v Evropské unii a České republice..... | 21 |
| 3.4 Tagatosa a její vliv na lidské zdraví.....                     | 22 |
| 3.4.1 Obezita.....   | 23 |
| 3.4.2 Diabetes mellitus.....                                       | 26 |
| 3.4.2.1 Diabetes mellitus 1. typu.....                             | 26 |
| 3.4.2.2 Diabetes mellitus 2. typu.....                             | 27 |
| 3.4.2.3 Těhotenský diabetes mellitus.....                          | 27 |
| 3.4.3 Zubní kaz.....   | 28 |
| 3.4.3.1 Sliny.....   | 29 |
| 3.4.3.2 Mikroflóra.....  | 29 |
| 3.4.3.3 Sacharidy.....   | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.3.4 Zubní plak.....                 | 30 |
| 3.5 Množnost stanovení tagatosy.....    | 31 |
| 3.5.1 Jak byla D-tagatosa nalezena..... | 31 |
| 4 Závěr práce.....                      | 32 |
| 5 Zkratky.....                          | 33 |
| 6 Literatura.....                       | 34 |

## **1 CÍL PRÁCE**

Cílem práce bylo podat stručný přehled o tom, jaké výhody D-tagatosa má ať už jako náhradní sladidlo a také jako plnidlo do různých potravin. Práce pojednává o problematice vlastností, metabolismu a legislativnímu opatření v různých státech světa. Pozornost byla věnována použití D-tagatosa jako náhradnímu sladidlu a nemocím, kterým by se dalo předejít jejím používání.



## 2 NÁHRADNÍ SLADIDLA

Náhradní sladidla jsou potravinářské aditivní látky, aditiva či přídatné látky, což jsou látky, které se k potravinám přidávají úmyslně při výrobě, zpracování, skladování nebo balení za účelem zvýšení kvality potravin a její barvy, prodloužení údržnosti, zlepšení vůně, textury, výživové hodnoty, technologických vlastností a v ne poslední řadě chuti [1].

Přírodními sladkými látkami potravin jsou vesměs monosacharidy (hlavně glukosa a fruktosa), disacharidy (sacharosa a laktosa) a v menším množství také cukerné alkoholy (D-glucitol, D-manitol) a další sloučeniny. Tyto sladké látky se však z výživového pohledu řadí mezi výživová (nutriční) sladidla, neboť jsou zdrojem energie a mají tedy výživovou hodnotu. Proto také většina těchto látek jsou v nadměrném užívání spojovány s obezitou a řadou dalších civilizačních chorob jako jsou například choroby srdce, cukrovka, některé druhy rakoviny a dokonce zvýšená kazivost zubů [2].

Zdravotní, výživové a také ekonomické aspekty vedly k zavedení mnoha přírodních a syntetických látek identických s přírodními, látek modifikovaných a čistě syntetických, které se vyznačují větší sladivostí než cukry (sacharidy). Jejich chemické, fyzikální a také organoleptické vlastnosti jsou odlišné od cukrů. Výroba náhradních látek musí, tak jako všechny součásti potravin, splňovat jisté požadavky. Hygienické, aby byla zajištěna zdravotní nezávadnost. Dobrá rozpustnost ve vodě (jelikož velký podíl potravin tvoří volná i vázaná voda a tudíž by bylo nežádoucí, aby v ní sladidla byla nerozpustná), stabilní rozmezí pH při výrobě potravin a skladování, nejčastěji v rozsahu 2 až 9. Další požadavkem je stabilita vůči slunečnímu světlu. Jako dalším požadavkem je levnost náhradního sladidla vůči řepnému cukru a jeho dostatečná sladivost (intenzita sladké chuti v porovnání se sladivostí řepného cukru [3].

Náhradní sladidla se používají od roku 1879, kdy byl objeven sacharin chemiky Ramsenem společně s Fahlbergem stejně jako většina všech ostatních sladidel, náhodou. Víceméně jako meziprodukty a vedlejší produkty syntéz jiných látek. Například thaumantin (monellin) byl objeven z plodů dvou afrických rostlin, ze kterých byly vyizolovány látky na bázi polypeptidů, které svou sladivostí mnohanásobně převyšovaly řepný cukr. Jiná sladidla byla získána z kořene lékořice nebo z kapradí osladiče. Jindy se přišlo na to, že některé hořké látky se hydrolyzou flavonoidů mění na látky s intenzivní sladivostí [1].

Lidské smysly rozeznávají čtyři druhy chutě – slanost, kyselost, hořkost a sladkost. Člověk již od narození dává přednost sladké tekutině před nesladkou. Sacharidy představují nezastupitelnou roli v našem organismu, převážně jako snadno dostupný a rychlý zdroj energie, také uspokojuje naše chuťové buňky, což má za následek zvýšenou produkci endorfinů a tedy pocit dobré a spokojené nálady. Náhradní sladidla žádnou takovou vlastnost nemají, nejsou zdrojem energie a neovlivňují glykémii (hladinu cukru v krvi). Pro všechny jsou stanoveny denní maximální přípustné dávky (*ADI*) a sladivost [2] [3].

## 2.1 Klasifikace náhradních sladidel

Náhradní sladidla se klasifikují podle původu na následující skupiny:

1. přírodní (př. thaumantin),
2. syntetické látky identické s přírodními (cukerné alkoholy) nebo modifikované přírodní látky (neohesperidihydrohalkon, atd.),
3. syntetické (acesulfan K, sacharin, atd.).

Z výživového hlediska se rozeznávají dvě kategorie náhradních sladidel:

1. výživová (cukerné alkoholy),
2. nevýživová (prakticky všechny ostatní přírodní, modifikované a syntetické látky) [4].

### 2.1.1 Výživová sladidla

Monosacharidy, disacharidy, cukerné alkoholy a další výživová sladidla odvozená od cukrů se za aditiva napovažují. Peptidy (aspartam), proteiny (thaumantin, mirakulin, monellin) a glykosidy (stevoisid) jsou sice zdrojem využitelné energie, což však v množství, v jakém se používají není příliš významné [3].

### 2.1.2 Syntetické nevýživová sladidla

Relativní sladkost některých syntetických sloučenin a chemicky modifikovaných přírodních látek uvádí tabulka **Tab 1**.

#### 2.1.2.1 Acesulfan K

- je draselná sůl 6-methyl-1,2,3-oxathiazin-4(3H)-on-2,2-dioxidu,
- poměrně nově zavedené sladidlo se slabě nahořklou chutí,
- při teplotách přesahujících 235°C se rozkládá [3].

#### 2.1.2.2 Cyklamáty

- cyklamáty jsou skupinovým názvem pro cyklamovou kyselinu a její soli tj. natrium a kalcium cyklamaty,
- vykazují vedlejší pachutě, tudíž se pro synergistický účinek používají jiná sladidla jako např. sacharin v poměru 10:1,
- v mnoha státech nejsou jako náhradní sladidla povolena [3].

#### 2.1.2.3 Sacharin

- je společným názvem pro příslušnou kyselinu, 1,2-benzoisothiazol-3(2H)-on-1,1-dioxid, její sodnou, draselnou a vápenou sůl,

- vykazují slabě kovovou a hořkou příchut, která se často maskuje laktosou,
- v potravinách i při tepelném zpracování je stabilní [4].

#### 2.1.2.4 Sukralosa

- nebo také chlorgalaktosacharosa je derivát neredukujícího disacharidu fruktosylgalaktosidu,
- jedná se o poměrně nové sladidlo,
- má podobné vlastnosti chuti jako sacharosa,
- je stabilní jak při termických operacích tak při kyselé a enzymové hydrolýze [4].

#### 2.1.2.5 Další sladké sloučeniny

- minulosti se používaly také jiné syntetické sladké látky,
- ale zejména kvůli toxikologických důvodů nenalezly uplatnění [3].

**Tab 1** Relativní sladkost některých chemicky modifikovaných přírodních látek a syntetických sloučenin (sacharosa = 1) [3]

| Sloučenina         |                         | Sladkost    |
|--------------------|-------------------------|-------------|
| modifikované látky | neohesperidihydrohalkon | 500 – 2 000 |
|                    | naringinhydrochalkon    | 100 – 350   |
| syntetické látky   | acesulfan K             | 80 – 250    |
|                    | aspartam                | 100 – 200   |
|                    | cyklamáty               | 30 – 60     |
|                    | dulcin                  | 70 – 350    |
|                    | sacharin                | 200 – 700   |
|                    | sukralosa               | 600         |

### 2.1.3 Přírodní nevýživová sladidla

Relativní sladkost některých přírodních sladkých látek uvádí tabulka **Tab 2** [4].

#### 2.1.3.1 Fylodulcin

- se nachází v listech hortenzie topolové a dalších druzích této rostliny,
- vyznačuje se pomalým nástupem a dlouhotrvajícím vjemem chuti s lékořicovou příchutí [4].

### 2.1.3.2 *Monellin*

- jedná se o sladký protein s příchutí lékořice z ovoce africké rostliny *Dioscoreophyllum cummuisii* [4],
- skládá se ze dvou peptidových řetězců A a B složený z 45, resp. 50 aminokyselin,
- při zpracování potravin je nestálý tudíž potravinářsky nevýznamný [3].

### 2.1.3.3 *Osladin*

- glykosid nacházející se v odděncích kapradiny osladiče obecného,
- cukernou složkou jsou  $\alpha$ -L-rhamnosa a disacharid  $\beta$ -neoheperidosa [4].

### 2.1.3.4 *Steviosid*

- glykosid obsahující jako cukerné složky -D-glukosu a disacharid -soforosu,
- je obsažena v malém množství v listech keře stevie sladká, která se pěstuje pro slazení nealkoholických nápojů, cukrovinek, žvýkaček [4].

**Tab 2** Relativní sladkost některých přírodních sloučenin (sacharosa = 1) [3]

| Sloučenina | Sladkost      |
|------------|---------------|
| fylodulcin | 200 – 800     |
| monellin   | 1 500 – 3 000 |
| osladin    | 3 000         |
| steviosid  | 100 – 300     |
| thaumantin | 2 000 – 3 000 |

## 3 D-TAGATOSA

### 3.1 Popis a vlastnosti tagatosy

#### 3.1.1 Fyzikální vlastnosti

Tagatosa je bílá krystalická látka s tetragonálně bipyramidovými jemnými krystalky bez zápachu, která je podobná sacharose. Její teplota tání je v rozsahu mezi 133°C až 137°C, teplota vždy závisí na čistotě dané látky, rostoucí teplota udává větší poměr nečistot, teplota rozkladu je okolo 120°C. Tagatosa neabsorbuje vlhkost z prostředí za normálních podmínek (standartního tlaku a teploty). Rozpustnost tagatosy při 20°C je 58 g ve 100 g vody, v porovnání s jinými cukernými alkoholy (polyoly), je tagatosa více rozpustná než erytritol, ale méně rozpustná než sorbitol. Její roztok má stabilní pH, má hodnotu v rozmezí 2 až 7, hustotu má v rozmezí 0,7 až 0,9 g.ml<sup>-1</sup>[5] [6] [7].

Všechny tyto vlastnosti jsou ještě jednou přehledně uvedeny v tabulce **Tab 3**.

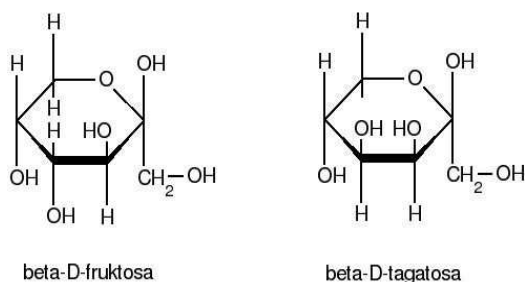
**Tab 3** Shrnuté vlastnosti tagatosy

| Molekulový vzorec   | C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> |
|---|---|
| Zařazení  | Sacharidy;monosacharidy;ketohexosy            |
| Molekulová váha [g/mol]                                   | 180,16  |
| CAS číslo   | 87-81-0                                       |
| Vzhled  | bílé jemné krystalky                          |
| pH  | 2 – 7   |
| Bod tání [°C]   | 133 - 137                                     |
| Teplota rozkladu [°C]                                     | 120   |
| Rozpustnost (ve 100 g, 20°C)                              | 58  |
| Hustota [g/ml <sup>-1</sup> ]                             | 0,7 – 0,9                                     |
| Sladivost (v porovnání se sacharosou)                     | 92%   |
| Optická rotace $\alpha_D^{20}$ (c = 1 v H <sub>2</sub> O) | -5  |
| Kalorická hodnota [kcal/g]                                | Menší než 1,4                                 |
| Chladivý efekt  | žádný   |

### 3.1.2 Chemické vlastnosti

Tagatosa je monosacharid se šesti uhlíky a jednou keto-skupinou, je to tedy obecně ketohexosa. Přesný chemický název je (3S, 4S, 5R)-1,3,4,5,6-pentihydroxy-hexan-2-on.

Je odvozena od galaktosy (aldosy), liší se jen funkční skupinou. U galaktosy je funkční skupinou aldo-skupina, zatímco u tagatosy je to ketosová skupina. Můžeme také říci, že tagatosa je L-epimer odvozený od D-fruktosy. Podle třídění, které bylo provedeno obecně výše můžeme tagatosu zařadit mezi náhradní sladidla s nízkou výživovou hodnotou (nízkokalorická) [8] [9] [10].



**Obrázek 1** Porovnání struktury  $\beta$ -D-fruktosy a  $\beta$ -D-tagatosy

Velice se podobá sacharose, je také bílá a krystalická s 92% její sladivosti, řadíme ji mezi sladidla nízkokalorická (nevýživová). Při vyšších teplotách se rozkládá lépe než sacharosa. Sacharosa je tedy méně stabilní a může být převedena do různých sloučenin. Tagatosa je ve velmi malém množství obsažena v mléku, různých druzích ovoce a zeleniny. Molekulový vzorec je  $C_6H_{12}O_6$  a molekulová hmotnost  $180,16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Identifikační číslo CAS je 87-81-0 [6] [9] [11].

Chemické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce výše, viz **Tab 3**.

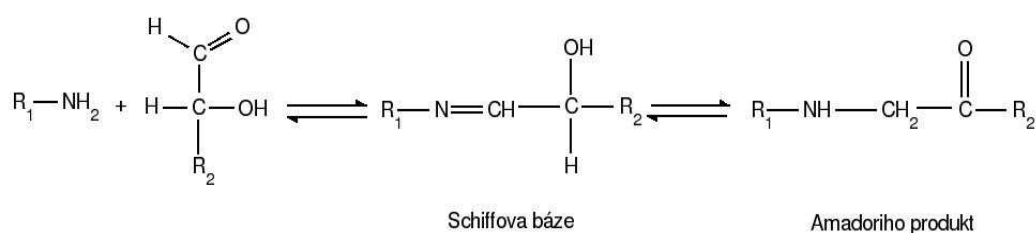
Jako většina monosacharidů je také tagatosa redukující cukr, který velmi dobře reaguje Maillardovými reakcemi, což má za následek hnědnutí produktu. Tento efekt není v potravinách vyžadován [12].

#### 3.1.2.1 Maillardovy reakce

Probíhají ve třech krocích, analogickými s radikálovými reakcemi (iniciace, propagace a terminace) [12] [13].

*Iniciace – tvorba Amadoriho produktu:*

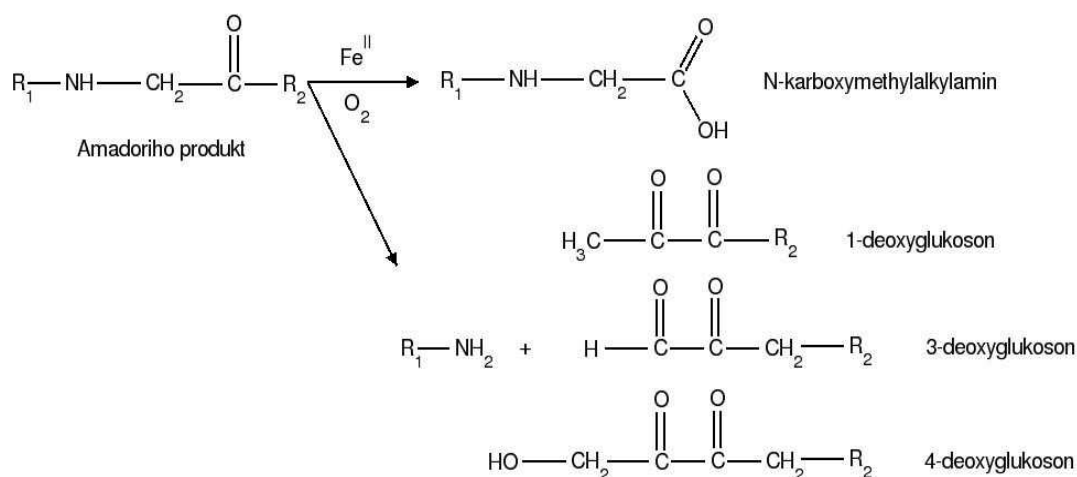
- reakce je iniciovaná neenzymovou kondenzací redukujícího cukru za vzniku Schiffovy báze, která může podléhat přesmyku na Amadoriho produkt,
- rychlost reakce je závislá na rychlosti anomerace (tzn. schopnost existovat v lineární formě, která je více reaktivní), zároveň je také závislá na počtu uhlíku, nejrychleji tedy bude probíhat u trios (např. glycerinaldehyd) a nejnižší u hexos (např. tagatosa).



**Obrázek 2** Obecná iniciace Maillardovy reakce

*Propagace – degradace Amadoriho produktu:*

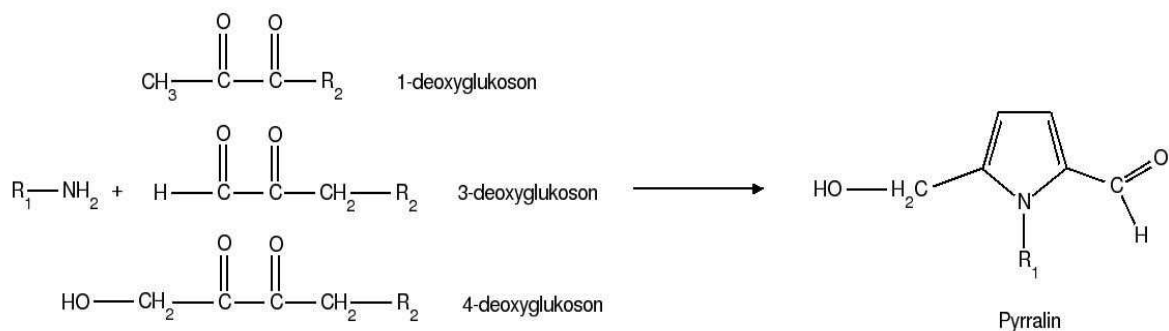
- Amadoriho produkt se může nevratně oxidovat a vzniká N-karboxymethylalkylamin nebo se mohou rozložit na původní amin a 1-, 3-, nebo 4-deoxyglukoson,
- ty jsou velmi reaktivní a opět reagují s aminoskupinou a tím propagují Maillardovu reakci,
- způsobují tak nevratné změny proteinů.



**Obrázek 3** Obecná propagace Maillardovy reakce

*Terminace – tvorba AGEs:*

- reakcí deoxyglukosonů s aminy vznikají pyrroly, pyrroliny a pyrrolinon reduktony,
- tyto produkty absorbují světlo v UV oblasti,
- většinou jsou bezbarvé,
- mají schopnost reagovat s dalšími aminy a karboxylovými sloučeninami na hnědé, fluoreskující sloučeniny s velmi málo prozkoumanou strukturou,
- koncové produkty Maillardových reakcí jsou termodynamicky stabilní = koncové produkty glykace (Advance Glycation End Products – AGEs).



**Obrázek 4** Obecná terminace Maillardovy reakce

### 3.1.3 Výrobní proces tagatosy

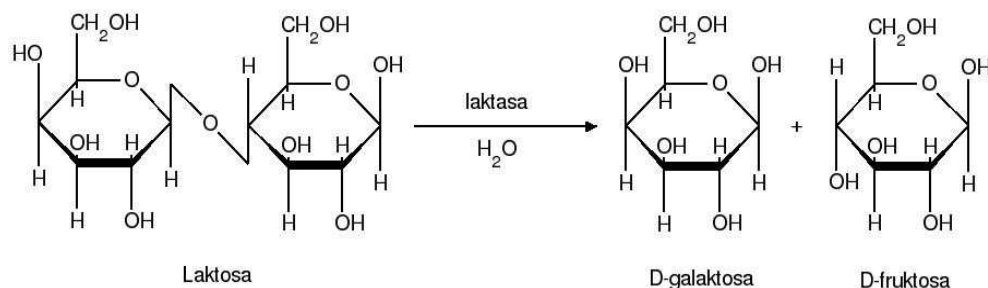
V této části se budu zabývat výrobou D-tagatosy. Výroba může probíhat různými technikami, podle potřeby nebo množství, které potřebujeme vyrobit. Jsou zde popsány základní a nejpoužívanější metody, výrobu z laktosy nebo z D-talitolu a jiné nepříliš vhodné metody pro výrobu [10] [11].

#### 3.1.3.1 Výrobní proces z laktosy

Tento proces výroby tagatosy probíhá v několika krocích od základní suroviny (laktosy) až po čisté krystalky tagatosy.

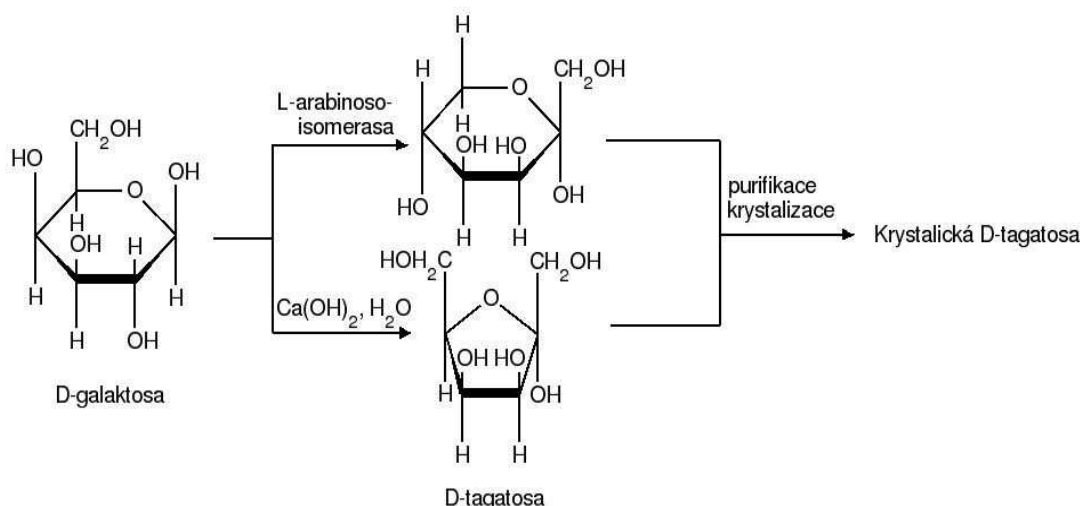
Laktosa (disacharid) je enzymově hydrolyzována na D-galaktosu a D-glukosu (glukosa je odváděna ve formě glukosového sirupu) při průchodu roztoku laktosy přes sloupec imobilizované laktázy. Výsledná směs sacharidů je rozdělena chromatograficky, která je stejně důležitá jako oddělování glukosy od galaktosy, pomocí vápenného mléka ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

Frakce galaktosy je převedena na D-tagatosu za alkalických podmínek v suspenzi hydroxidu vápenatého a případně i katalyzátoru  $\text{CaCl}_2$ . Přidáním kyseliny sírové se celý proces zastaví. Vzniklý roztok tagatosy je za normálních podmínek stabilní. Výsledný filtrát je dále přečišťován demineralizací a chromatografií. Získává se krystalky čisté D-tagatosy, s čistotou více než 99% [11] [12] [13].



**Obrázek 5** První krok při výrobě D-tagatosy





**Obrázek 6** Druhý krok výroby krystalické tagatosa

### 3.1.3.2 Výrobní proces z D-talitolu

Další postup pro výrobu D-tagatosa je bakteriálním působením na D-talitol. Obecně platí, že polyalkoholy obsahující na jednom konci *cis*-hydroxylové skupiny mohou oxidovat na ketosa díky působení mikroorganismů. D-talitol je katalytickou redukcí připraven z D-altrosy (nebo také synteticky), jako katalyzátor je používán nikl. Talitol je rychle oxidován působením bakterie *Acetobacter suboxydans* na D-tagatosa. Při koncentraci nižší než 5% D-talitolu bylo vyrobeno 74% až 85% tagatosa. Toto bylo dokázáno Selivanovým testem (viž níže). Jeho produkty byly mírně zoxidovány alkalickým jódem a daly p-jodofenylosazony a fenylsazony. Tyto osazony byly porovnány s osazony vzniklé při výrobě tagatosa z galaktosa, byly stejné. Tato metoda výroby by mohla být alternativou k výrobě z D-galaktosa, ale výroba D-talitolu je prozatím příliš pracná [15] [16].

### 3.1.3.3 Jiné výrobní procesy

Jiným postupem je výroba L-tagatosa konverzí L-psicosy, která se získává s velkým výtěžkem oxidací allitolu použitím *Gluconobacter frateurii* a jeho následnou oxidací na L-tagatosa. Tento postup se v praxi ale nevyužívá, je příliš nákladný a zdlouhavý, proto se jím více nebudeme zabývat [15] [17].

### 3.1.3.4 Test Reichsteina a Bossharda

Test spočívá v přípravě roztoku 1 g připraveného D-talitolu z D-altrosy, 0,5 g kvasničného extraktu typu Difco a 0,1 g glycerolu ve 100 ml vody. To vše se převedlo do Erlenmayerovy baňky. Po 15-ti minutové sterilaci v autoklávu se přelivem naočkovaly bakterie *Acetobacter suboxydans* a byl proveden Selivanův test na redukující cukry, který byl negativní (D-talitol není redukující cukr). Po inkubaci při 30°C po 4 dny se vytvořil souvislý film redukujících cukrů v množství 5,8 mg/ml substrátu. Redukující cukr byl D-tagatosa. O dva dny později bylo 84% substrátu zoxidováno. Finální Selivanův test byl pozitivní [16].

### 3.1.3.5 Selivanův test na redukující cukry

Selivanův test je test na redukující cukry, konkrétně na ketosy. Do vzorku bylo přidáno Selivanovo činidlo, které tvoří resorcinol v 5% ethanolu a kyselině chlorovodíkové. Pomalým a rovnoměrným zahříváním se přivede k optimální teplotě okolo 70°C. Roztok nesmí vařit, jinak je test neplatný a negativní. Pokud se roztok zbarví, pak detekuje přítomnost redukujících cukrů. Např. D-fruktosa je zbarvena tmavě červeně, D-glukosa je světlé červená a sacharosa je červená [16].

### 3.1.3.6 Metabolismus tagatosy

Jelikož je D-tagatosa je L-epimer odvozený od D-fruktosy, jejich strukturní odlišnost je jen velmi malá (odlišují se na 4C), toto má velký důsledek na metabolismus D-tagatosy.

Jen malé množství tagatosy je absorbováno v tenkém střevě, asi 15-20%, převážná část je fermentována v tlustém střevě tmnější mikroflórou, která vede k produkci krátko-řetězcových mastných kyselin (SCFA). Z tenkého střeva je dále D-tagatosa transportována do jater prostřednictvím krevních cév. Dále se využívá podobnou cestou jako D-fruktosa (viz Využití Tagatosy v játrech) [5] [7].

### 3.1.3.7 Příklad studie metabolismu u prasete

Metabolismus se stal jedním z hlavních studií zpracování tagatosy v těle živočichů, hlavně tedy na prasatech, jejichž anatomie je nejvíce podobná lidské.

Při této studii bylo šestnáct prasat rozděleno na dvě poloviny. První skupina osmi prasat dostala standardní dietu a přídavek 15% sacharosou (dále je označujeme jako nepřizpůsobené), druhá skupina prasat dostala dietu s přídavkem 5% sacharosou a 10% tagatosou (přizpůsobené). Dietu držela 17 dní. Sedmnáctý den byla prasata poražena 3 hodiny po krmení a jejich celý zažívací trakt byl vyjmut a rozdělen na části.

Obsah z poloviny tlustého střeva byl použit na fermentační test *in vitro* a 20% výkalů bylo inkubováno při teplotě 37°C v anaerobních podmínkách po 4 hodiny s přídavkem 1% nebo bez přídavku tagatosy.

Množství krátko-řetězcových mastných kyselin (SCFA) je dáno jejím množstvím zjištěném při testu s přídavkem 1% tagatosy a od ní je odečteno množství SCFA zjištěné testem bez přídavku tagatosy [5] [12].

Tabulka (**Tab 4**) ukazuje, že u přizpůsobených prasat slepé střevo i tlusté střevo obsahuje mnohanásobně více esteru kyseliny mravenčí, máslové a valerové a méně octové než u standardního profilu (nepřizpůsobivé) složení SCFA v zažívacím traktu prasete. U nepřizpůsobivých prasat, v jejich tlustém střevě je tedy degradační stupeň mnohanásobně nižší než-li v tlustém střevě u přizpůsobivých prasat, poměr je 1,1 g tagatosy 1 h<sup>-1</sup> 1 kg<sup>-1</sup> ku 15,3 g tagatosy 1 h<sup>-1</sup> 1 kg<sup>-1</sup>.

**Tab 4** *In vitro* inkubace - procentní výskyt SCFA po mikrobiální fermentaci [5]

| Estery kyseliny   | Kontrolní prasata (bez tagatosy) |               | Prasata s přidavkem tagatosy |               |
|---|----------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
|   | Slepé střevo                     | Tlusté střevo | Slepé střevo                 | Tlusté střevo |
| Mravenčí  | 2,5                              | 0,0           | 14,4                         | 3,7           |
| Octové  | 54,8                             | 70,1          | 21,5                         | 23,3          |
| Propionové  | 11,2                             | 0,0           | 17,0                         | 4,0           |
| Máslové   | 18,2                             | 16,7          | 21,8                         | 46,3          |
| Valerové  | 11,1                             | 7,8           | 23,4                         | 15,1          |
| Kapronové   | 2,0                              | 4,8           | 1,9                          | 6,8           |
| Hepatonové  | 0,2                              | 0,6           | 0,0                          | 0,8           |
| <b>CELKOVĚ</b>  | <b>100,0</b>                     | <b>100,0</b>  | <b>100,0</b>                 | <b>100,0</b>  |
| Degradace tagatosy při trávení [gh <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> ] | 2,7                              | 1,1           | 3,7                          | 15,3          |

Ester kyseliny máselné má důležitý vliv na střevní „zdraví“ jako zdroj pro epitel tlustého střeva. Funguje jako kontrola pro tvoření a diferenciaci buněk epitelu, zabraňuje růstu neoplastických střevních buněk a inhibuje bujení buněk spojené s růstem tumoru *in vitro*. Jeho nevýhoda je střevní nežádoucí účinek, překročí-li spotřebitel dávkování. Tolerance tagatosy je od 20 g do 30 g na den [5] [12].

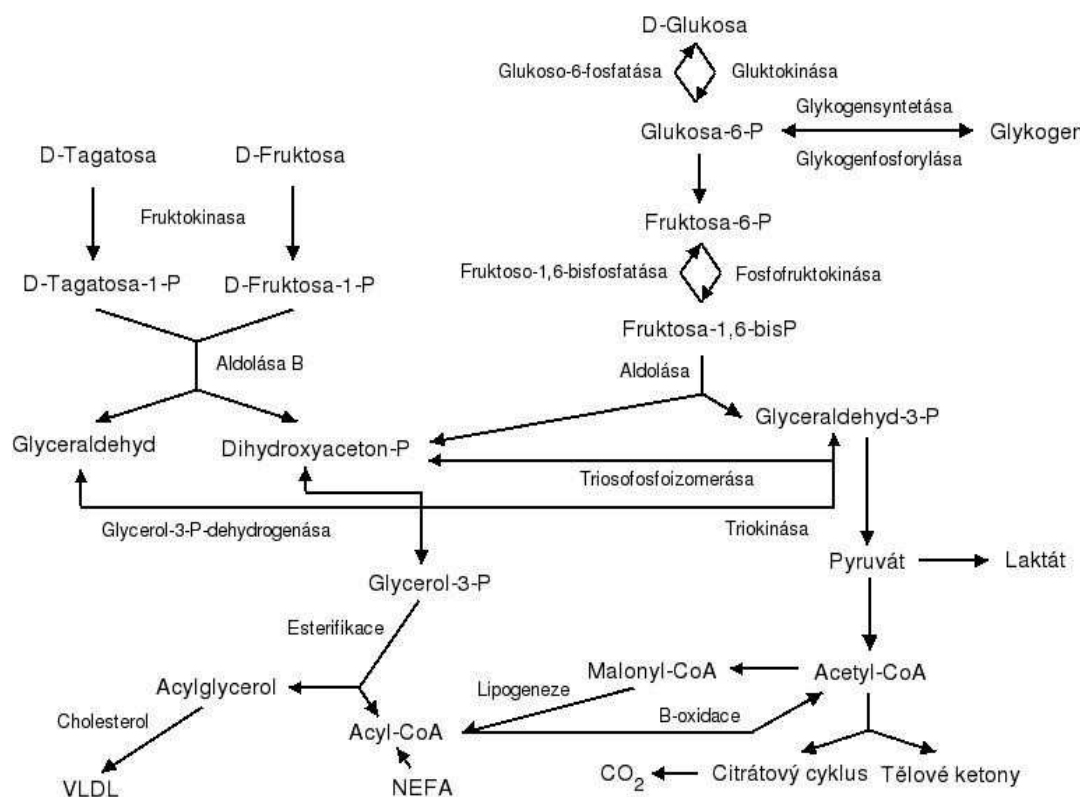
### 3.1.3.8 Využití tagatosy v játrech

Jak už bylo řečeno výše, malá část (okolo 15–20%) tagatosy je vstřebávána tenkým střevem, které dále prostřednictvím krevních cév transportuje tagatosu do jater, kde se využívá fruktosovou cestou.

Transport je omezen rychlostí příjmu potravy s obsahem tagatosy (také se to týká vstřebávání fruktosy). Tím se játra chrání proti vyčerpání důležitých látek jako jsou adeninové nukleotidy.

Odbourávání D-tagatosy je úzce spojeno s odbouráváním D-fruktosy a také D-glukosy (viz. Obrázek 6). D-tagatosa je stejně jako D-fruktosa fosforylována na fosforylované formy obou látek, při tomto procesu je donorem *ATP*, je tedy dodání energie. Fosforylované formy jsou metabolizovány aldolásou B na glyceraldehyd a dihydroxyacetonfosfát. Aldoláza B štěpí cykly na rozdíl od aldolázy A, která cykly dále fosforyluje (využívá se při glykolýze). Dihydroxyaceton-P je přeměněn na glycerol-3-fosfát a glyceraldehyd je fosforylován na glyceraldehyd-3-fosfát. Tato reakce také vyžaduje dodání energie ve formě *ATP*. Hlavní cestou pro odbourávání glycerol-3-fosfátu je esterifikace, kterou vznikají acylglyceroly, tedy

nejčastěji triacylglyceroly. Zatímco glyceraldehyd-3-fosfát je dále metabolizován na pyruvát, který se dekarboxyluje na acetyl-CoA, který vstupuje do Krebsova cyklu nebo se z něj tvoří tělové ketony [5] [6] [17].



**Obrázek 7** Schéma metabolismu D-tagatosa, D-fruktosa a D-glukosa a jejich propojení

### 3.1.4 Prebiotické vlastnosti tagatosa

Jako prebiotikum lze definovat látku jako, nestravitelnou složku potravin, které příznivě a pozitivně ovlivňují stimulaci růstu a/nebo aktivitu jednoho, nebo omezeného počtu bakterií v tlustém střevě, které zlepšují zdraví člověka. Hlavním požadavkem tudíž je, že musí dosáhnout tlustého střeva, kde působí na tmnější mikroflóru [7] [10].

Tagatosa má nižší kalorickou hodnotu nežli cukr – sacharosa. Je částečně metabolizovaná v tenkém střevě, většina však vstupuje do tlustého střeva, kde funguje jako zkvasitelná rozpustná vláknina (viz Metabolismus tagatosa), absorbovaná část je metabolizovaná v játrech stejnou cestou jako fruktosa. Biologická hodnota kalorií je 1,5 kcal/g což je přibližně 33% sacharosy, proto FDA (The Food and Drug Administration) přijala doporučení o užívání bez výhrad v říjnu 1999. Její prebiotické vlastnosti byly objeveny později, když se zjistilo, že podporuje růst *Lactobacillus species* a bakterie mléčného kvašení (prostudováno u prasat) [8] [20].

Tagatosa, náhradní sladidlo, je považováno za prebiotické protože:

1. většina neabsorbované tagatosa dosáhne tlustého střeva,
2. povaha fermentace *in vitro* označuje selektivitu (není fermentováno všemi bakteriemi zažívacího traktu),
3. zvyšuje počet bakterií mléčného kvašení a *Lactobacillus* v lidských exkrementech po adaptaci na tagatosu.

Bakterie mléčného kvašení a *Laktobacillus* jsou důležití obyvatelé zažívacího traktu lidí a zvířat s mnoha funkcemi, jako je například údržba počtu normální mikroflóry, ruší, vylučují a antagonizují patogeny, jsou imunostimulačními a imunomodulačními činiteli a zvyšují antikarcinogenní aktivitu [10].

## 3.2 Využití tagatosa v potravinách

Předpoklad pro výrobu tagatosa je nalezení dostatečné množství potravin pro které by byla vhodná a tím pádem by její výroba byla smysluplná. Tématem této kapitoly je tedy možnost používání tagatosa jako náhradního sladidla.

### 3.2.1 Použití tagatosa

V současné době se tagatosa, díky svým nízkokalorickým vlastnostem, používá jako ekonomická náhražka cukru (sacharosy), vzhledem k podobnosti k sacharose – sladivost, má dobrou schopnost krystalizovat a navíc nízkou kalorickou hodnotu. Používá se tedy jako nízkokalorické sladidlo a plnidlo.

Má četné výhody spojené se ztrátou váhy (diety), chrání zuby před zubním kazem, zubním plakem a používá se proti nežádoucímu zápachu z úst. Zlepšuje chuť potraviny. Jsou prokázány také pozitivní účinky při těhotenství a lepší vývoj plodu. Potraviny obsahující tagatosu se používají jako prevence proti obezitě a s tím snížení symptomů spojené s diabetem typu 2, hyperglykemie, anemie a hemofilie. Tagatosa je navržena jako sladidlo do zubních past, ústních vod a v širokém sortimentu potravin jako jsou: snídaňové cereálie, sycené a nesycené nealkoholické nápoje, zmrzliny se sníženým obsahem tuku nebo dokonce bez tuku, mražené mléčné dezerty, dietní zdravé tyčinky, cukrářské výrobky, polevy a potraviny pro zvláštní účely (potravinové náhražky), některé množství pro dané výrobky jsou naznačeny v tabulce **Tab 5** [6] [22] [23].

#### 3.2.1.1 Cukrovinky všeobecně

Cukrovinka je obecné označení pro potravinu sladké chuti, která obsahuje cukr nebo náhradní sladidlo. Za cukrovinku můžeme považovat například žvýkačku, čokoládu nebo bonbóny.

Cukrovinky obsahující tagatosu mají nízkou kalorickou hodnotu, používá se zde převážně jako plnidlo a díky podobné sladivosti jakou má sacharosa je chuť stejná, je tedy vhodná pro cukrářské výrobky [6] [23] [24].

## **Čokoláda**

Čokoláda je doplňková potravina s vysokou sladivostí. Čokoláda obsahující místo sacharosy tagatosu má nižší energetickou hodnotu. Senzorický profil se ale nemění. Další výhodou je, že technologický proces výroby čokolády obsahující tagatosu se nijak neliší od technologického procesu čokolády obsahující sacharosu [6] [24] [25].

### **Vařené cukrovinky**

Při vyšší teplotě se zdá, že má podobné chování jako fruktosa, vyznačuje se nízkou teplotou skelného přechodu, podporuje tak hnědnutí z důvodu probíhání Maillardových reakcí (viz Chemické vlastnosti). Sladidla vařených cukrovinek se nejčastěji kombinují a zároveň vaří při velmi nízkých tlacích (ve vakuu) [6] [24] [26].

### **Fondány a fudge (sušší forma fondánů)**

Fondány jsou cukrovinky z jemné cukerné hmoty s jemnou krystalickou strukturou. Tagatosa má dobrou vlastnosti krystalizovat. Krystalizuje již při nízké teplotě což má za následek typické karamelové příchutě. Fondány s tagatosou jsou vhodné pro výrobu nízkokalorických pralinek [6] [22] [23].

### **Karamel**

Karamel je potravina oranžové barvy a sladké chuti s nádechem jakoby připálení či opečení. Vzniká karamelizací cukru. Bývá používán k dochucování bonbónů, nealkoholických nápojů a jako potravinářské barvivo například sušenek a piškotů.

Tagatosa v karamelu způsobuje jemnější konzistenci. Karamelizuje již při nižší teplotě. Karamel obsahující tagatosu je vhodný do náplní v čokoládách [6] [24] [26].

#### *3.2.1.2 Nealkoholické nápoje*

Tagatosa v nealkoholických nápojích má synergický efekt (malé množství a velká sladivost). Zlepšuje chuť nápoje a také pocit v ústech po nápoji. Zdá se, že tagatosa má lepší chuťový profil ve směsích sladidel aspartamu a acesulfamu draselného. Aspartam degraduje sladkost s acesulfamem draselným a posouvá tak chuť právě k acesulfamu draselnému, který má hořkou chuť. Tagatosa má vlastnost hořkou chuť maskovat, proto se právě používá 0,2% roztok ve směsích s těmito dvěma sladidly. Mimo to také tagatosa prodlužuje trvanlivost nápojů [6] [22] [24].

Tagatosa se používá jako meziproduct syntéz jiných opticky aktivních sloučenin a přísad do čistících prostředků, kosmetiky a příprav farmaceutických látek [6].

**Tab 5** Navržené množství v potravinách s obsahem tagatosy

| Potravina                    | Úroveň užití (w/w) | Účel užití                                    |
|------------------------------|--------------------|---|
| cereálie                     | 15%                | sladidlo                                      |
| detní nealkoholické nápoje   | 1%                 | pro zlepšení pocitu v ústech a zlepšení chuti |
| intenzivní cukrovinky        | 15%                | sladidlo                                      |
| lehké cukrovinky s čokoládou | 15%                | sladidlo a zvlhčovač                          |
| zmrzliny a zmražené jogurty  | 3%                 | sladidlo a zlepšení chuti                     |
| žvýkačky                     | 60%                | sladidlo                                      |
| polevy                       | 15%                | sladidlo                                      |
| doplňky stravy               | 90%                | tablety                                       |

### 3.3 Legislativní opatření

V této části této práce se budu zabývat legislativním opatřením jak ve světě, v Evropské unii tak také v České republice. Dále je v tabulce (**Tab 6**) ukázáno, které státy D-tagatosu povolily jako náhradní sladidlo.

#### 3.3.1 Legislativní opatření ve světě

Tagatosa je ve světě používána již několik let. Ve Spojených Státech Amerických byla tagatosa povolena v říjnu 2001. Nespecifikované množství tagatosy bylo povoleno *JECFA* (Joint Expert Committee of Food Additives) v Austrálii, Novém Zélandu v červnu 2004, stejně tak bylo nespecifikované množství povoleno v roce 2005 v Brazílii a Jižní Africe jako přídavná látka. V roce 2005 byla povolena také v Evropské unii [27].

**Tab 6** Povolení používání tagatosy jako přídavné látky [27]

| Stát        | Měsíc a rok povolení |
|-------------|----------------------|
| USA         | říjen 2001           |
| Austrálie   | červen 2004          |
| Nový Zéland | červen 2004          |
| Korea       | červen 2004          |
| EU          | prosinec 2005        |
| Mexiko      | čeká na schválení    |
| Japonsko    | čeká na schválení    |

### 3.3.2 Legislativní opatření v Evropské unii a České republice

Tagatosa byla v Evropské unii povolena 14. prosince 2005 Radou Evropské unie Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (*EFSA*) a to v množství 1,5 kcal/g. Byla sice povolena, ale pouze jako doporučení, tedy neomezuje používání tagatosa jako náhradní sladidlo nebo prebiotikum a ani nenařizuje jednotlivým státům používání tagatosa [28].

V říjnu 2005 byla tagatosa navržena jako nové náhradní sladidlo pro posouzení do Velké Británie Výborem pro potraviny a složky nového typu. Velká Británie zaslala návrh Evropské komisi bez námitek a dne 14. prosince 2005 a byla uvedena na trh. Platí pro ni stejná nařízení. Nařízení *EFSA* (European Food Safety Authority) č. 1924/2006 *ES* o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin. Ve Velké Británii posuzovali nezávislé komise vědců jmenovaných Food Standards Agency, Poradního výboru pro potraviny a procesy (*ACNFP*) [28] [29].

Tagatosa splňuje kritéria nařízení 258/97 *ES* o nových potravinách a nových složkách potravin:

1. musí splňovat kritéria pro čistotu,
2. označení D-tagatosa na označování produktu, nebo v seznamu složek, které ji obsahují,
3. varování, že může způsobovat projímavé účinky při množství větším než 15g/porci nebo u nápojů s obsahem více než 1%, a toto varování musí být napsáno stejně velkými písmeny jako jsou položky seznamu složek potraviny.

Podle vyhlášky č. 4/2008 Sb. *SZPI* (Státní zemědělské a potravinové inspekce), kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin a její přílohy (konkrétně příloha č. 5), v České republice tagatosa není povolena jako náhradní sladidlo [30] [31].

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (*ES*) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin.

Předmět a oblast působnosti:

- směrnice 89/398/*ES* a směrnice přijaté na jejím základě,
- směrnice Rady 80/777/*EHS* ze dne 15. 7. 1980 o sblížení právních předpisů týkajících se využívání a prodeje přírodních minerálních vod,
- směrnice Rady 98/83/*ES* ze dne 3. 11. 1998 o jako sti vody k lidské spotřebě [28].



### 3.4 Tagatosa a její vliv na lidské zdraví

Na rozdíl od tagatosa má sacharosa (řepný cukr) značné nevýhody na vliv zdraví člověka.

**Tab 7** Hodnoty GI vybraných potravin [32]

| Potravina                   | GI  | Potravina               | GI |
|-----------------------------|-----|-------------------------|----|
| pivo                        | 110 | banán                   | 65 |
| glukosa                     | 100 | kiwi                    | 50 |
| med                         | 90  | špagety (all dente)     | 45 |
| Corn flakes                 | 85  | hroznové víno           | 40 |
| Corn flakes bez cukru       | 85  | žitný celozrný chléb    | 40 |
| pšeničná mouka              | 85  | jogurt (obecně i light) | 35 |
| chipsy (obecně)             | 80  | pomeranč                | 35 |
| čokoládová tyčinka (obecně) | 70  | jablko                  | 30 |
| cukr                        | 70  | hořká čokoláda (70%)    | 22 |
| coca-cola                   | 70  | třešně                  | 22 |
| celozrný chléb              | 65  | cibule a česnek         | 10 |

Sacharosa je nejběžnější sladidlo používané v potravinovém průmyslu, díky svým vlastnostem, ekonomice výroby a do jisté míry také tradicí výroby. Zvyšuje energetickou hodnotu potraviny, ve které je obsažena, je tedy vydatným zdrojem okamžité energie. Zároveň také ovlivňuje hladinu glukosy v krevní plazmě – Glykemický index, což je bezrozměrná veličina, která udává rychlost využití glukosy v těle z určité potraviny (*GI* sacharosy je okolo 69-70) - tudíž má vliv na sekreci inzulínu. Sacharosa se štěpí na glukosu a fruktosu, přispívá k hydrolýze vitamínu B, vápníku a hořčíku, také přispívá k poškozování zubní skloviny, je jedním z hlavních příčin vzniku zubního kazu a hlavně různých civilizačních nemocí jako je obezita či diabetes mellitus. Těmito problémy se budu níže věnovat více. Sacharosa nepřímo zapříčiňuje také i jiné onemocnění jako jsou různé cévní onemocnění, infarkt myokardu, mozkové příhody, hypertenzi nebo například syndrom vyhoření [6].

Tagatosa je oproti tomu nízkokalorické sladidlo, které zvyšuje sladivost potravin ale bez zvýšení její energetické hodnoty – nezvyšuje glykemický index (*GI* tagatosa je nižší než 55). Není příznivá pro osoby se sníženou schopností odbourávat fruktosu, jelikož tagatosa se odbourává právě fruktosovou cestou [7].

### 3.4.1 Obezita

Obezita není jen kosmetickou vadou člověka, ale je to chronická nemoc spojená s individuální poruchou řízení energetického metabolismu s podílem dědičné náchylnosti a působením toxického prostředí, které vede k hromadění tukových rezerv [33].

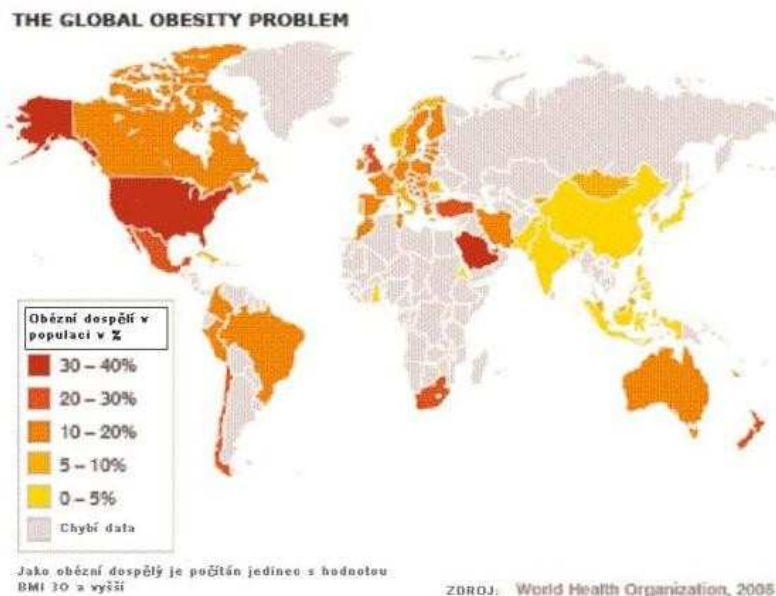
Obezita vzniká interakcí genetických a zevních faktorů. Existují určitá období, která jsou pro rozvoj obezity velmi významná. U žen je to zejména období těhotenství a těsně po něm, dále období přechodu a u dívek období dospívání. Všeobecně pak přizpívají stresové faktory a určitá období, kdy se snižuje pohybová aktivita, jako je nástup do zaměstnání, založení rodiny, rodinné či pracovní problémy, ukončení sportovní činnosti nebo odchod do důchodu. Obezitu hodnotíme podle indexu *BMI* (Body Mass Index) [34].

S nadváhou a obezitou jsou spojeny zdravotní rizika jako je cukrovka, kardiovaskulární choroby, vysoký krevní tlak a pohybové problémy nejčastěji spojené s bolestmi kloubů. Obézní lidé mají problémy nejen zdravotní, ale také psychické, jako je pocit méně cennosti, pocit, že nezapadají do kolektivu a v neposlední řadě stres [35].

Obezitou se stále častěji setkáváme u dětí. Obézních dětí ve věku 6-12 let je 20% a toto číslo stále roste. Podle světových statistik trpí obezitou více než polovina obyvatel a právě obezita a její následky jsou jednou z hlavních důvodů úmrtí. V České republice trpí nadváhou 52% obyvatel a z toho je 15% obézních. Od roku 2000 je nárůst o 3%, to je přibližně o 250 000 lidí více [34].

**Tab 8** Výskyt obezity ve světě s podmínkami; věk > 15 let a BMI > 30 (formy obezity) [34]

| <i>Stát</i>            | <i>%</i>  | <i>Stát</i> | <i>%</i> |
|------------------------|-----------|-------------|----------|
| Spojené Státy Americké | 31        | Portugalsko | 13       |
| Mexiko                 | 24        | Finsko      | 13       |
| Spojené Království     | 23        | Turecko     | 12       |
| Slovenská republika    | 22        | Belgie      | 12       |
| Řecko                  | 22        | Polsko      | 11       |
| Austrálie              | 22        | Nizozemsko  | 10       |
| Nový Zéland            | 21        | Švédsko     | 10       |
| Maďarsko               | 19        | Francie     | 9        |
| <b>Česká republika</b> | <b>15</b> | Rakousko    | 9        |
| Kanada                 | 14        | Itálie      | 9        |
| Španělsko              | 13        | Norsko      | 8        |
| Irsko                  | 13        | Japonsko    | 3        |
| Německo                | 13        | Korea       | 3        |



Obrázek 8 Celosvětový problém – obezita, BMI > 30

Hlavní příčinou obezity je nepoměr mezi příjmem a výdejem energie. Nadměrným příjmem energie se rozumí zvýšený přívod tuků, ty totiž mají více energie než sacharidy a bílkoviny. Nedostatečným výdejem energie je dán většinou nedostatkem pohybové aktivity a způsobem života. Lidské tělo je k pohybu dobře přizpůsobeno a pokud není k tomuto účelu používáno, tak začíná ochabovat svalovina a přibývá tuková tkáň. Právě z těchto faktů vyplývají další problémy jako je snížená fyzická kondice, výkonnost, vyšší únavnost, bolesti zad a jiné [35].

Dalším faktorem je dědičné predispozice. Minimálně z 50% je obezita podmíněna geneticky. Pokud jsou oba rodiče obézní, je 80% pravděpodobnost že jejich potomek bude obézní. Stejně jako všechno se dá regulovat správnými stravovacími návyky a dostatkem pohybové aktivity [35].

Výška hladiny klidového energetického výdeje je dalším faktorem. Nárůst hmotnosti je ovlivněna hladinou klidového energetického výdeje, dá se tedy říct jak máme seřizeny metabolismy (podílí se na něm genetické predispozice, hormonální faktory a nervové zatížení). Právě zde hrají důležitou roli tyto vlivy; věk a pohlaví, účinek hormonů a fyzická aktivita, kouření cigaret a dlouhodobý příjem alkoholu [35].

Hormonální vlivy. Vznik obezity z důvodu nemoci se uplatňuje pouze asi v 1% případů. Příčinou je snížená funkce štítné žlázy (hypotyreóza) a zvýšená hladina hormonů kůry nadledvin (Cushingův syndrom) [35].

Pohybová aktivita hraje u ní vliv redistribuce krve, citlivost tkání vůči inzulínu a energetických substrátů a jejím rezervním formám jako je glykogen [35].

Vyskytuje se ve spojení s metabolickým syndromem. Organismus si určuje nároky na energii na základě tělesné hmotnosti, pohlaví, stupně pohybové aktivity. Přesto existují faktory (často genetické), které křehkou rovnováhu mezi příjmem a výdejem potravin můžou výrazně ovlivnit [34] [35].

Mnohými kroky můžeme dosáhnout preventivních účinků proti obezitě:

1. Složení stravy. Omezením nadměrného příjmu energeticky vydatné stravy (s vysokým *GI*) a nahradit jej např. rostlinným tukem. Omezit nadměrné slazení, příjem cukrovinek a nápojů s vysokým obsahem glukosy vede k citlivosti na civilizační nemoci. Často se doporučuje lidem postiženým touto formou nemoci zařadit vhodné vlákniny a ovoce [33] [34].
2. Rozdělení počtu porcí jídla během dne. Hlavní zásadou při jídle je, že jíme pomalu, aby bylo využito maximum z potravy, kterou přijímáme a aby centrální nervová soustava (mozek) dostala dostatek informací o množství stravy [33] [34].
3. Rozdělení energetické hodnoty stravy během dne. Nízkokalorickou stravu bychom měli podávat v množství 8 až 10x denně a to podle jistých pravidel. Dopoledne stravu s vyšší energetickou hodnotou, zatímco odpoledne a k večeru spíše potraviny s nižším *GI*. Dalším pravidlem je, že aspoň 4 hodiny před hlavním spánkem, by měl být příjem co možná nejmenší a to se týká hlavně alkoholu, který právě obsahuje velké množství energie [34] [35].
4. Pitný režim. Pitný režim se neřídí jen podle počasí, ale také podle fyzické aktivity. Avšak se doporučuje minimum šumivých nápojů s vysokým obsahem cukru a oxidem uhličitým, který dráždí žaludeční sliznici [33].
5. Omezení příjmu alkoholických nápojů. Jak už bylo řečeno, alkoholické nápoje obsahují velké množství energie, tudíž by se měl omezit na minimum [33].
6. Péče o pravidelnou stolici. Zácpa se může podílet na abnormální vstřebávání živin a průběh metabolických procesů. Projímadla situaci nepomáhají, spíše naopak. V případě zácpy je důležitý přísun prebiotické stravy, která podporuje růst a práci střevní mikroflóry, která pomáhá při pravidelné a pevné stolici. V neposlední řadě je důležitý pohyb pro správnou funkci střev [34].
7. Odlehčovací dny. Při redukci hmotnosti se musí do týdne zavádět tzv. odlehčené dny (ideálně 2x týdně) tyto dny představují zeleninové a mléčné dny, protože nezatěžují organismus a mají nízký *GI*. Odlehčené dny slouží ke změně adaptačních mechanismů [35].
8. Dodávání vitamínů a minerálních látek. Při redukci hmotnosti má organismus obecně nedostatek vitamínů a minerálních látek. Proto se musí regulovat příjem vitamínů rozpustných v tucích (vitamín A, D, E, K) [35].
9. Pohyb je důležitý pro správnou funkci střev, odbourávání přebytečné energie a také pro duševní zdraví člověka [33].

10. Duševní zdraví. U každé diety (redukce hmotnosti) je důležitá motivace. Jestliže pacient nechce najít schůdnou cestu k duševnímu zdraví a motivaci, pak nelze úspěšně dosáhnout redukce hmotnosti [35].

### 3.4.2 Diabetes mellitus

Nemoc spojená s poruchou metabolismu cukru (sacharidů), který má vliv na produkci či reakci na inzulín produkovaný tělem organismu. Rozlišujeme dva základní typy diabetu a to, diabetes 1. typu a 2. typu. Diabetes 1. typu je charakteristický tím, že v počáteční fázi jsou ničeny buňky slinivky břišní, které produkují právě inzulín, jsou ničeny vlastním metabolismem. Proto se také tomuto typu říká autoimunní choroba. Diabetes 2. typu je způsobena sníženou citlivostí tkání těla organismu na jím produkovaný inzulín. Jako prvním indikátorem diabetu je zvýšená hladina glukosy v krvi. Léčí se cizím inzulínem, což je hormon bílkovinné povahy, který umožňuje vstup glukosy do buněk, kde se štěpí na jednodušší látky a uvolňuje se energie [36] [37].

#### 3.4.2.1 Diabetes mellitus 1. typu

Cukrovka tohoto typu vzniká tak, že tělo zničí B buňky slinivky břišní, které produkují inzulín, který je nezbytný pro zpracování krevního cukru. Destrukce B buněk je geneticky zakódovaná ještě před spuštěním této nemoci. Je to tzv. autoimunní reakce (tělo si ničí své vlastní buňky). Samotné spuštění může být imunitní odpověď na mírnou virózu jako je třeba nachlazení, které nastartuje tvorbu protilátek proti vlastním buňkám. Před objevem inzulínu byla tato nemoc smrtelná. Projevuje se jako kombinace následujících symptomů. Člověk hubne, má velkou žízeň a hodně močí, ale i faktory zevního prostředí jako je stres a nedostatek pohybu. Den diabetika je zcela normální, pouze si musí podle potřeby píchat inzulín. Také je potřeba si vyšetřovat cukr v krvi a moči a dbát na zdravý životní styl. V současnosti již není nutné trápit se přísnými dietami jako v minulosti a tak je možné si dopřát si kousek čokolády nebo zmrzliny [37].

Dalším problémem, který souvisí s diabetem typu 1, je hypoglykémie. Je těžké si sám přesně určit kolik si inzulínu píchnout, proto se stává, že je ho málo a krevní cukr je vysoký a naopak, je-li inzulínu hodně pak hladina krevního cukru klesá. Každý diabetik by proto měl být poučen, stejně tak jako široká veřejnost (v současné době je spousta informací o tomto typu choroby, ale jen málo lidí opravdu ví, jak se zachovat). Diabetici nosí při sobě vždy průkaz, že se léčí na tento typ cukrovky, který pomůže při případných problémech a také nosí vždy nějakou sladkost, či kostku cukru. Při hypoglykémii se člověk chová jako opilý, je tedy zmatený, potí se. Pokud je hypoglykémie těžká a podané sladkosti nepomáhají, může diabetik upadnout do bezvědomí a dokonce zemřít. Je tedy na spoluobčanech, aby se zachovali správně a rychle zareagovali [37].

Diabetes 1. typu se nejčastěji projevuje okolo patnáctého roku života, ale dnes už není zdaleka výjimkou ani u novorozenců či starších lidí.

### 3.4.2.2 *Diabetes mellitus 2. typu*

Tímto typem diabetu trpí naprostá většina diabetiků (okolo 85%). Je podmíněna nerovnováhou mezi sekrecí a účinkem inzulínu v metabolismu glukosy. Slinivka břišní produkuje nadbytek inzulínu, ale tělo na něj nereaguje - inzulínová rezistence. Hladiny inzulínu bývají sniženy, ale mohou být také normální, avšak tělo nedokáže inzulín využívat. Tento typ je nejčastěji u lidí obézních a lidí se sníženou tělesnou aktivitou. Diabetes 2. typu je z počátku nenápadná, proto je to onemocnění nebezpečnější. Rozpoznatelné je až když jsou příznaky viditelnější. Malátnost, únava, rozmazané vidění, suchá a svědivá kůže, drobné a opakované infekty na kůži (kvasinky a hnisání) s tím spojené špatné hojení ran, ztráta citlivosti v končetinách, časté infekce močového traktu, vysoký krevní tlak a cholesterol [36] [37].

Léčba tohoto typu diabetu je různá, vždy však obnáší úpravu životního stylu, snížení tělesné hmotnosti. Jestliže úprava stravování nestačí, pak lékař zahajuje nejčastěji léčbu perorálními antidiabetiky nebo antibiotiky, které zvyšují citlivost k inzulínu [37].

Cukrovka typu 2 se nejčastěji vyskytuje ve středním věku, okolo čtyřicátého roku života. Velmi často je objevují případy přenosu geneticky z generaci na generaci [37].

### 3.4.2.3 *Těhotenský diabetes mellitus*

Tento typ cukrovky se objevuje zhruba u 3-5% žen během těhotenství (v České republice 4%). Během těhotenství kolísá hladina glykémie v závislosti na produkci hormonů. U těhotných žen není slinivka schopna vyrovnat se se zvýšeným požadavky na inzulín, aby byla v rovnováze hladina glukosy. Jedná se tedy o poruchu glukózového metabolismu, kdy produkce inzulínu v B buňkách nestačí pokrýt zvýšené nároky matky a plodu. Zvýšený předpoklad výskytu gestačního diabetu je u těhotných ve věku nad 30 let, s obezitou nebo tam, kde je výskyt diabetu v přímé rodinné linii [36] [37].

Kombinace množství inzulínu a glukosy se u dítěte ukazuje jako tzv. diabetická fetopatie. Způsobuje větší porodní hmotnost dítěte a po narození hrozí hypoglykémie a také vyšší hladina žlučového barviva, které způsobuje novorozeneckou žloutenku. Příznaky však netrvají dlouho [37].

Základem léčby je úprava stravování a pravidelné měření glykémie. Pokud se stravou nedaří udržet hladinu glykémie v přijatelných mezích, je nutné začít s podáváním inzulínu. Těhotenská cukrovka většinou sama zmizí, ale je možnost přetrvání cukrovky a dokonce její rozvoj do diabetu 2. typu v pozdějším věku. Vliv na znovu objevení cukrovky (tentokrát 2. typu) je obezita – u neobézních žen je výskyt 20% a u obézních žen až 60% [37].

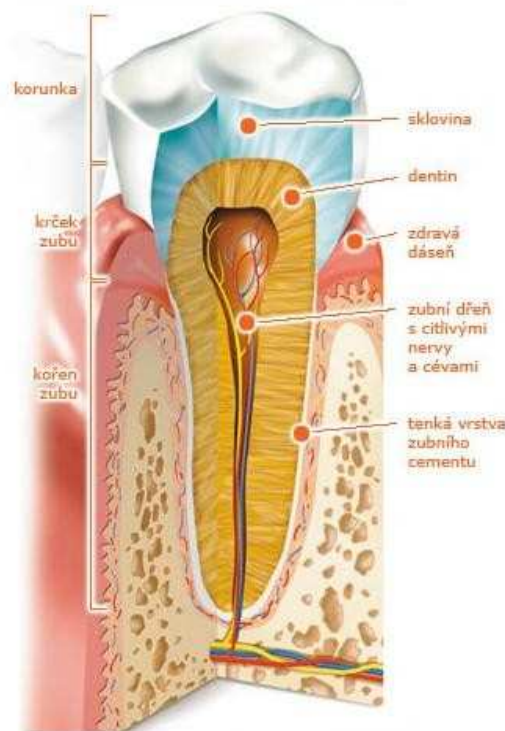
Pro léčbu diabetu (všech forem) je důležité sledování glykovaného hemoglobinu a to v %, to nese informaci o kompenzování diabetu v časovém období tří měsíců. Podporou pro léčbu je pohyb, který snižuje hladinu glukosy, protože je zásobárnou energie a zvyšuje se vnímavost na vlastní inzulín, pro diabetiky stačí pouze několi minut velmi intenzivního pohybu. Důležité je před každou očekávanou námahou změřit hodnotu glykémie a podle toho se dojist, aby nedošlo k hypoglykémii. Další podporou pro léčbu cukrovky je dieta, která by se měla skládat z 55% sachridů ve formě škrobů a nerozpustné vlákniny, 30% tuků a to hlavně

z nenasycených mastných kyselin, 15% bílkovin z celkového kalorického příjmu. Nezbytný je inzulín, který se podává inzulínovými pery nebo pumpami. Tato možnost je nejpříjemnější, protože je velmi podobný způsobu, kterým se do krve dostává vlastní inzulín. Každou kontrolu si provádí sám diabetik glukometrem [36] [37].

V České republice je 750 000 obyvatel, kteří trpí jakýmkoliv typem cukrovky a z toho 52 800 cukrovkou 1. typu a 692 000 cukrovkou 2. typu [37].

### 3.4.3 Zubní kaz

Zubní kaz je stále častější problém moderní civilizace od doby, kdy byly zrušeny sítě školních stomatologů a dětský chrup začal být problémem pouze rodičů či příbuzných a rukou na srdce, ne každá rodina pečlivě dbá na zoubky svých dětí a nejen dětí ale i svých zubů. Jedním z neposledních faktorů také může být to, že se zrušilo celoplošné dodávání fluoru do pitných vod a fluor z potravin nestačí pro dodávání prvku do organismu [38] [39] [40].



**Obrázek 9** Zdravý zub – popis jednotlivých částí zubu

Do 17. st. byl zubní kaz takřka ojedinělým případem. Z důvodu obměny lidské potravy (z tmavého chleba na bílý, z mléka, sýrů a masa na umělé tuky, konzervy, brambory a jiné) tyto případy začaly být častější [39] [42].

Příčin je ale mnohem více než jen nedostatečný příjem fluoridů z potravin či pitné vody, ale hraje vliv také množství produkce slin v ústní dutině, výskyt karyogenní flóry a množství sacharidů obsažených v potravinách [38] [40].

### 3.4.3.1 Sliny

Sliny jsou sekret slinných žláz nacházejících se v ústní dutině. Z 98% jsou sliny voda, ale obsahují i jiné látky jako jsou elektrolyty (sodík, draslík, vápník, chloridové ionty a jiné), mukus = hlen či sliz, který se skládá především z mukopolysachridů a glykoproteinů. Dál obsahují i různé antiseptické látky (thiokyanát, peroxid vodíku, imunoglobulin A) a různé enzymy a to hlavně tři hlavní složky,  $\alpha$ -amylázy, které tráví škrob a tuky, lysozomy, které ničí bakterie způsobující lyzi, linguální lipázy, které tráví tuky a další enzymy jakou jsou fosfatázy, amidázy a laktoperoxidázy [38] [40].

Žlázy produkují množství slin na základě informací přicházejících z mozku. Sympatikus (skupina nervstva jehož funkce nepodléhá naší vůli) dává pokyny k produkci hustých slin, zatímco parasympatikus (také se nedá ovládat naší vůlí) ovládá produkci řídkých slin. Člověk deně vyprodukuje okolo 0,75 l slin. Produkce slin za den je ale až okolo 1,5 l slin za den, jenže v noci je produkce slin podstatně nižší proto je celková produkce asi o polovinu menší. Platí, že čím více slin je produkováno tím jsou více ředěny kyseliny (viz níže), které mohou způsobovat narušení ochrany zubů [38] [40].

Jak už bylo řečeno výše, obsahují trávící enzymy jako amylázy, které rozkládají škrob na maltosu a dextríny. Rovněž obsahují enzymy, které tráví tuky. Další funkcí slin je omývání zubní skloviny a tím odstraňují zbytky potravy. Bez funkčních slinných žláz a tedy i bez slin by se do dvou let rozpadl zcela zdravý chrup dospělého člověka. Je také známo, že sliny některých živočichů mají také dezinfekční účinky, proto si mnoho zvířat „líže“ rány (různé druhy savců), dále že se mohou čistit (př. pes a kočka) nebo je používají ke konstrukci svých hnízd (ptáci) [38] [40].

### 3.4.3.2 Mikroflóra

Zubní mikroflóra je nezbytnou součástí ústní dutiny. Nejčastěji se v ústech nachází velké množství prvoků, bakterií, virů, kvasinek a také plísní ať už jsou anaerobní či aerobní. Za původce zubního kazu je vždy celá skupina mikroorganismů, kteří si vytvoří ideální podmínky pro svůj život – vzniká zubní plak, který je tvořen sacharidy (více níže). Jedními z nejvíce zastoupenými mikroorganismy jsou streptokoky a konkrétně *Streptokokus saugnis* a *mutans* [39] [40].

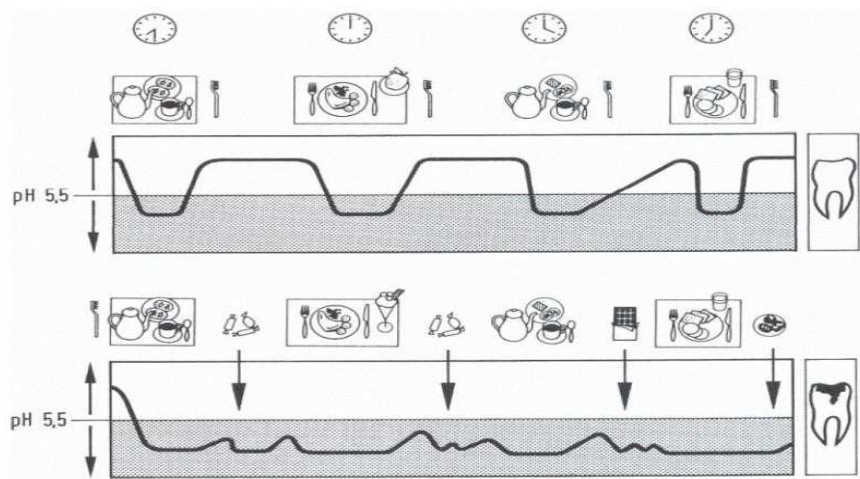
*Streptokokus saugnis* je Gram-pozitivní fakultativní kok. Je normálním obyvatelům zdravých lidských úst, kde byl nalezen právě v zubním plaku. *S. Sanguinis* se může dostat do krevního oběhu prostřednictvím čištění zubních nervů v ordinaci stomatologa a kolonizovat srdeční chlopně, především mitrální a aortální chlopni, kde jsou nejčastějšími příčinou bakteriální endokarditidy – zánět endokardu, výstelky dutiny srdce a srdeční proximální části tepny a žíly [39] [40].

*Streptococcus mutans* je stejně jako předchozí bakterie Gram-pozitivní fakultativně anaerobním kokem. Růst a metabolismus těchto druhů je podmíněn prostředím. Společně se *Streptokokem sobrinus* hraje důležitou roli při vzniku zubního kazu rozkladu sacharosu na kyselinu mléčnou. Je vybaven receptory, které pomohou k lepší přilnavosti k povrchu zubů. Využívá jedině sacharosu a vytváří lepkavý extracelulární polysacharid, který jim umožňuje soudržnost a tvoří tím zubní plak [39] [40].



### 3.4.3.3 Sacharidy

Mezi sacharidy ovlivňující vznik zubního kazu patří jak monosacharidy, oligosacharidy a aké polysacharidy. Nejškodlivější je sacharosa, která odvádí sklovinu. Mnohé bakterie mají schopnost zkvašovat sacharidy, vznikají kyseliny (př. mléčná, octová a máslová) ovlivňující pH v ústech až na hodnotu 5 a níže, sklovina se demineralizuje a tím je snazší narušení skloviny. V dnešní době se moc nedoporučuje přijímat nadměrné množství ovoce, jelikož bylo zjištěno, že právě v ovoci je velké procento sacharosy a tudíž zapříčiňuje pokles pH v ústní dutině. Laktosa v mléku a sýrech není považována jako škodlivá, mimo jiné totiž obsahuje velké množství vápníku fosforu a proteinů, které pomáhají proti zubnímu kazi [40] [42].



**Obrázek 10** Pokles pH v ústní dutině a jeho vliv na tvorbu zubního kazu v porovnání s optimální skladbou potravy během dne

### 3.4.3.4 Zubní plak

Zubní plak je obvykle bezbarvý biofilm, který se hromadí na zubech. Není-li včas odstraněn, může vést k zubnímu kazu nebo parodontálním problémům, jako je zánět dásní nebo chronickou parodontitidou. Skládá se z mikroorganismů, které jsou popsány výše a extracelulární matrix, který obsahuje bílkoviny a dlouhé řetězce polysacharidů a lipidů [39] [41].

Bakterie se hromadí a ulpívají na povrchu zubů v podobě zubního plaku. Riziková místa jsou plochy stoliček, mezizubní prostor, praskliny ve kterých se rozkládají sacharidy na agresivní kyseliny, které sníží pH. Sklovina se demineralizuje a následně je náchylná k narušení zubní skloviny. Pokud není včas léčena pak mohou nastat komplikace, zubní kaz začne prorůstat hlouběji do zubu a může způsobit bolestivé záněty u kořene zubu [39] [41].

Léčba u počínajícího zubního kazu není bez radikálních zásahů do oblasti zubní skloviny, pouze se doporučuje obohatit jídelníček potravinami bohatými na fluoridy nebo se používají koncentrované roztoky fluoridů a ozonů přímo v ambulanci lékaře. U pokročilého stavu kazu se již používá „vrtání“ a tím odstranění napadené části skloviny, která je vyčištěna roztokem a zaplněna plombou. Při nejakutnějším zubním kazu je již zasažena dřevina zubu. Toto stádium je bolestivé a lékař jej řeší podobně jako u pokročilého kazu, s výjimkou, která se týká

bolestivého čištění kanálků zubu, aby se právě do krevního oběhu nedostaly nečistoty a mikroorganismy. Následně je použita vložka, která zklidní a případně „umrtví“ vyvrtné místo. Po pár dnech (nejčastěji do týdne), je vložka nahrazena plnohodnotnou plombou [39] [41].

Prevence proti zubnímu kazu spočívá v odstraňování zubního plaku alespoň dvakrát denně. Důležitou součástí je omezení příjmu potravin s vysokým obsahem sacharosy nebo po něm provést čištění zubů, popřípadě použít žvýkačku bez cukru, která pomáhá při tvorbě slin a tím následného zředění kyselin vytvářejících se po konzumaci sladkých jídel. Dalším preventivním krokem je zvýšit příjem potravin s vyššími obsahy fluoridů a vápníku, nebo používat takové zubní pasty, které jej obsahují v hojné míře a tím zabraňují demineralizaci zubní skloviny. Ne posledním krokem prevence je ovšem pravidelná kontrola u zubního lékaře, která by měla být minimálně dvakrát do roka [39] [41].

### **3.5 Množnost stanovení tagatosy**

#### **3.5.1 Jak byla D-tagatosa nalezena**

První objevení tagatosy bylo spojeno s projektem Biospherics Incorporated (dnes už pouze Spherix Incorporated) ve spolupráci s vesmírným projektem NASA, konkrétně při hledání sebemenšího života na Marsu [8].

Cílem projektu bylo najít takové živiny, které jsou vhodné pro vpravování do půdy na planetě. Další testy by potom zjišťovaly, jestli proběhly reakce s případnými mikroorganismy vyskytující se v půdě Marsu. Jako kandidáti pro vhodné živiny k tomuto projektu byly dva monosacharidy, a to glukosa a fruktosa. Avšak se předpokládalo, že na Marsu nejsou stejné podmínky pro život jako na Zemi a tudíž by stejné látky jako u nás nemusely působit správně. Na Zemi se metabolisují pouze D-konfigurace biogenních látek. Proto se vědci z NASA a Biospherics Incorporated dohodli, že budou hledat podobnou látku jako jsou D-konfigurace těchto dvou monosacharidů jen ve formě L- konfigurací. Ty by se posílaly společně a na základě výsledků by se usoudilo, která forma je vhodnější [8].

Při hledání L-formy monosacharidů byla náhodou objevena D-tagatosa, která je vlastně velmi podobná L-formě fruktosy. Tento „omyl“ byl objeven Dr. Gilbertem V. Levinem, který na základě dalšího zkoumání D-tagatosy zjistil, že právě tuto formu hledaly. V průběhu dalšího výzkumu bylo zjištěno, že D-tagatosa je vhodnější pro použití na Zemi jako prebiotické sladidlo do potravin a jako meziprodukty dalších reakcí, třeba ve farmaceutickém průmyslu [8].

Analýza samotné D-Tagatosy nebyla přes veškerou snahu z dostupných informací zjištěna. Z informací, které byly zjištěny, je tagatosa nové náhradní sladidlo, které se nepoužívá ve velkém množství a tudíž prozatím nebylo potřeba provádět analýzu potravin obsahující tagatosu.

## 4 ZÁVĚR PRÁCE

D-tagatosa je nové prebiotické náhradní sladidlo s nízkou výživovou hodnotou podobné D-fruktose (D-tagatosa je L-epimer D-fruktosy) s podobnou sladivostí jakou má sacharosa. Má 92% její sladivosti. Tagatosu považujeme za prebiotickou na základě její vlastnosti pomáhat zvyšovat počet bakterií nejen mléčného kvašení v tlustém střevě. Přírodně se vyskytuje v mléčných výrobcích – neupraveném mléce nebo některých druzích zeleniny.

Hlavní výrobní postup D-tagatosa probíhá ve dvou krocích z laktosy, přes D-galaktosu, její izomeraci až po úpravu na krystalickou formu D-tagatosa s vysokou čistotou, která dosahuje až 99%. Též se dá připravit oxidací D-talitolu pomocí mikroorganismů - *Acetobacter suboxydans*, který dokáže právě roztok D-talitolu zoxidovat na D-tagatosu.

Tagatosa se metabolizuje jak v tenkém střevě, odkud je transportována krevními cévami do jater, kde se fruktosovou cestou odbourává ve spojení s metabolismem D-glukosy či D-fruktosy. Takto se odbourává pouze maximálně 20%. Zbytek tagatosa se dostává až do tlustého střeva, kde je fermentována tamnější mikroflórou, která vede k produkci *SCFA*.

Díky svým vlastnostem (obzvláště sladivosti) se používá jako náhražka klasického sladidla a plnidla. Používá se na výrobu odlehčených cukrovinek jako je př. čokoláda, nealkoholické nápoje, cereálií. Tagatosa se také používá jako meziprodukt pro výrobu dalších produktů (kosmetické přípravky). Je vhodná při redukci hmotnosti, chrání zuby před zubním kazem. Protože její konzumací se nezvyšuje počet zubní mikroflóry, která rozkládá potraviny na kyseliny, tudíž klesá pH v ústní dutině a poklesem pH se narušuje zubní sklovina, která je více náchylná k zubnímu kazu. Je také vhodná pro redukci obezity, jakožto součást dietního plánu, stejně tak jako v případě diabetu.

V Evropské unii je povolena pouze jako doporučení od prosince 2005 (oficiálně od ledna 2006). V jiných státech jako jsou např. Spojené státy americké je povolena od října 2001. Evropská unie ji povolila v maximálním množství 1,5 kcal/g potraviny. V České republice podle vyhlášky č. 4/2008 Sb. *SZPI* D-tagatosa není povolena jako náhradní sladidlo.

Problémovou částí práce byla poslední kapitola. Kapitola o možnostech stanovení tagatosa. Tagatosa se ve velkém množství nepoužívá, její výroba také není prioritní oproti jiným levnějším či více sladivým náhradním sladidlům. Proto prozatím nebyl vypracován analytický systém pro stanovení tagatosa v potravinách.

Tato práce nastiňuje budoucnosti tagatosa jako náhradního sladidla. Otevírá možnosti dalších rozšířených prací. Zajímavou prací by mohly být praktické práce, zabývající se tématem stanovení tagatosa v potravinách.

## 5 ZKRATKY

|       |   |
|-------|---|
| ADI   | Maximální denní dávka   |
| ACNFP | The Advisory Committee on Novel Foods and Processes – Poradní výbor pro nové potraviny, |
| AGEs  | Advance Glycation End Products – Výsledné produkty Maillardovy reakce,                  |
| ATP   | Adenosin-3-fosfát,  |
| BMI   | Body Mass Index – Index podle kterého se určuje stupeň obezity,                         |
| CAS   | Chemical Abstract Service – Identifikační číslo látek,                                  |
| EFSA  | European Food Safety Authority – Evropský úřad pro bezpečnost,                          |
| EHS   | Emergency Health Services – Zdravotnická záchranná služba,                              |
| EP    | European Parliament – Evropský parlament,   |
| ES    | European Society – Evropská společnost,   |
| FDA   | The Food and Drug Administration – Instituce pro potraviny a léčiva,                    |
| GI    | Glykemický Index,   |
| JECFA | Joint Expert Committee of Food Additives – Komise pro potravinářské přídatné látky,     |
| NASA  | National Aeronautics and Space Administration – Úřad pro letectví a vesmír,             |
| SCFA  | Short Chain Fatty Acids – Krátko-řetězcové mastné kyseliny,                             |
| SZPI  | Státní zemědělská a potravinová inspekce,   |
| VLDL  | Very-low-density lipoprotein – Lipoprotein s velmi nízkou hustotou.                     |

## 6 LITERATURA

- [1] *Aditiva.sweb.cz* [online]. 28 leden 2004 [cit. 2009-13-09]. Náhradní sladidla. Dostupné z: <<http://aditiva.sweb.cz/Nahradni%20sladidla.htm>>.
- [2] *Sladidla.cz* [online]. 2007 [cit. 2009-13-09]. Náhradní sladidla. Dostupné z: <[http://www.sladidla.cz/nahradni\\_sladidla.html](http://www.sladidla.cz/nahradni_sladidla.html)>.
- [3] *Favea info* [online]. - [cit. 2010-05-19]. Umělá sladidla. Dostupné z: <<http://www.creativeweb.cz/faveainfo/12007/slادidla.htm>>.
- [4] *Fitlife.cz* [online]. 2006 [cit. 2010-05-19]. Náhradní sladidla. Dostupné z: <<http://www.fitlife.cz/nahradni-slادidla/>>.
- [5] BERTELSEN, Hans; JENSEN, Bent Borg; BUEMANN, Benjamin. *Low-Calorie Sweeteners: Present and Future : D-Tagatose - A Novel Low-calorie Bulk Sweetener with Prebiotic Properties*. Barcelona, Spain : Karger, 1999. 243 s. ISBN 3805569386.
- [6] NABORS, Lyn O'Brien . *Alternative Sweeteners*. Third edition, Revised and Expanded. New Yourk, USA : [s.n.], 2001. 557 s. ISBN 0-8247-0437-1.
- [7] TAYLOR, T. P.; FASINA, O. ; BELL, L. N. . Physical Properties and Consumer Liking of Cookies Prepared by Replacing Sucrose with Tagatose. *Journal of food science : Sensory and Food Quality*. 2008, 3, 73, s. 145 - 151.
- [8] LEVIN, Gilbert V. Tagatose, the New Gras Sweetener and Health Product. *Journal of Medicinal Food*. 2002, 1, 5, s. 1 - 19.
- [9] World Health Organization. *Evaluation of certain food aditives and contaminants: Fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. WHO Technical Report Serie 909. Rome, Italy : WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2001. 176 s. ISBN 9241209097.
- [10] CHOI, Jin H. Business Proposal for Technology Transfer : Manufacturing Method of Tagatose, a functional Sugar-substitute, usig Galactose Isomerase (Gali). *R a D Center, Tong Yang Confentinery Co.,.* 21 December 2000, 30;10, s. 3 - 7.
- [11] ADACHI, Susumu. Improved chemical method for synthesis of tagatose from galactose. *Animal Husbandry*. 6 June 1997, non, s. 33 - 36.
- [12] *Compendium of food additive specification*. 52;11. Rome, Italy : Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives - 61st meeting, 2003. 170 s. ISBN 92-5-105002-3.
- [13] SALWAY, J. G. *Medical Biochemistry : at a Glance*. Second Edition. Carlton, Australia : Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2006. 144 s. ISBN 1-4051-1322-7.
- [14] OBŠIL, Tomáš; PAVLÍČEK, Zdeněk . Glykace proteinů a fosfolipidů : Maillardova reakce in vivo. *Chemické Listy*. 1997, 91, s. 558 - 569.
- [15] KAI, Te Mana Kunga; AOTEAROA, Ahitereiria me. Initial Assessment report - Application A472 : D-Tagatose as a novel food. *Food Standards Australia New Zealand*. 9 October 202, 04/03, s. 5 - 9.

- [16] KAWAMURA, Yoko. D-Tagatose : Chemical a Technical Assessment (CTA). *Chemical a Technical Assessment (CTA)*. 2004, 61, s. 1 - 3.
- [17] OH, Deok-Kun. Tagatose : Properties, applications, and biotechnological processes. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2007, 76, s. 1 - 8.
- [18] RAO, Devendar, et al. Direct production of L-Tagatose from L- Psicose by *Enterobacter aerogenes* 230S. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2008, 5, 106, s. 473 - 480.
- [19] D-Tagatose : A Human Health Risk Assessment. *Technical report series NO. 29 : Food standards Australia New Zealand*. June 2004, 29, s. 3 - 28. ISSN 1448-3017.
- [20] MCSWEENEY, P.L.H; FOX, P.F. *Advanced dairy chemistry : Lactose, water, Salts and Minor Constituents*. Third. Ireland : [s.n.], 2009. 778 s. ISBN 978-0-387-84864-8.
- [21] MARTIN, Doležal. Sladidla používaná ve farmacii a potravinářství : 1. Přírodní sladidla. *Praktické lékařství*. 2008, 6, 4, s. 306 – 309.
- [22] ČOPÍKOVÁ, Jana. Náhrady sacharosy a tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách. *Chemické Listy*. 1999, 93, s. 3 – 14.
- [23] PARTOS, Lindsey. *FoodQualityNews.com* [online]. 16 September 2005 [cit. 2010-01-20]. Legislation. Dostupné z WWW:<<http://www.foodqualitynews.com/Legislation/Arla-s-tagatose-sweetener-a-step-closer-to-European-market>>.
- [24] PHELPS, James R., et al. Notice of a GRAS exemption for D-Tagatose. *Law offices*. 11 May 2001, non, s. 21 - 122.
- [25] PECKENPAUGH, Douglas J. *FoodProductDesign* [online]. 1 February 2006 [cit. 2010-01-20]. Tagatose Wins EU Approval. Dostupné z: <<http://www.foodproductdesign.com/news/2006/02/tagatose-wins-eu-approval.aspx>>.
- [26] ACNFP : *The advisory committee on novel foods and processes* [online]. March 2005 [cit. 2010-01-20]. D-Tagatose. Dostupné z: <<http://www.acnfp.gov.uk/assess/fullapplics/tagatose>>.
- [27] *European Parliament* [online]. 13 October 2009 [cit. 2010-01-20]. Parliamentary questions. Dostupné z: <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2009-4894+0+DOC+XML+V0//EN>>.
- [28] *EUR-Lex* [online]. 27 ledna 1997 [cit. 2010-01-20]. Bilingual display. Dostupné z: <<http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl<=en&val=218920:cs&page=>>>.
- [29] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. 14 listopadu 2008 [cit. 2010-01-20]. Právní předpisy. Dostupné z: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1001612&docType=ART&nid=11307>>.
- [30] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. 26 ledna 2009 [cit. 2010-01-27]. Úřední věstník ES. Dostupné z: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1012615&nid=11433&chnum=4>>.

- [31] Sbírka předpisů České republiky : Vyhláška, kterou se stanoví druhy a podmínky pužití přídatných látek a extrakčních rouspuštědel při výrobě potravin. *Vyhláška, kterou se stanoví druhy a podmínky pužití přídatných látek a extrakčních rouspuštědel při výrobě potravin*. 3 ledna 2008, 2008, 4/2008, s. 258 - 340.
- [32] *Fórum zdravé výživé (FZV)* [online]. - [cit. 2010-03-12]. Glykemický index potravin. Dostupné z: <[http://www.fzv.cz/web/glykemicky\\_index](http://www.fzv.cz/web/glykemicky_index)>.
- [33] *Obezita.org* [online]. - [cit. 2010-03-12]. Obezita. Dostupné z: <<http://obezita.org/>>.
- [34] *Eufic.org* [online]. prosinec 1998 [cit. 2010-03-12]. Obezita - nemoc tisíciletí. Dostupné z:<<http://www.eufic.org/article/cs/diet-related-diseases/obesity/artid/obezita-nemoc-tisiciletí/>>.
- [35] *Hubnutí 4 you* [online]. - [cit. 2010-03-12]. Obezita v ČR a ve světě. Dostupné z: <<http://www.hubnuti4you.cz/101-obezita-v-cr-a-ve-svete.html>>.
- [36] BOWEN, James. *Tagatose and Diabetes* [online]. 2003 [cit. 2010-03-12]. Wnho.net. Dostupné z: <<http://www.wnho.net/tagatose.htm>>.
- [37] *Cukrovka?* [online]. - [cit. 2010-03-12]. Mte.cz. Dostupné z: <<http://www.mte.cz/cukrovka-diabetes.htm>>.
- [38] BROUKAL, Zdeněk. *Ordinace.cz* [online]. 23 srpna 2007 [cit. 2010-03-12]. Jak vzniká zubní kaz?. Dostupné z: <<http://www.ordinace.cz/clanek/jak-vznika-zubni-kaz/>>.
- [39] MeDitorials s.r.o. *U Lékaře* [online]. - [cit. 2010-03-12]. Zubní obtíže. Dostupné z: <<http://www.ulekare.cz/clanek/zubni-obtize-6250>>.
- [40] *Pece o chrup* [online]. - [cit. 2010-03-12]. (Ne) Zdravé zuby a dásně. Dostupné z WWW: <<http://www.peceochrup.cz/cs/zdrave-zuby-a-dasne/>>.
- [41] KLINKOVSKÝ, Zdeněk. *I zuby* [online].-[cit. 2010-03-12]. Jak na bakterie zubního kazu - prostředek k detekci bakterií Streptococcus mutans. Dostupné z: <<http://www.i-zuby.cz/prevence/jak-na-bakterie-zubniho-kazu---prostredek-k-detekci-bakterii-streptococcus-mutans/>>.
- [42] ROSTOVÁ, Iva. *Rostova.cz* [online]. - [cit. 2010-03-12]. Caries. Dostupné z: <<http://www.rostova.cz/caries.php>>.