

# NÁHRADY SACHAROSY A TUKŮ V ČOKOLÁDOVÝCH A NEČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINKÁCH

JANA ČOPIKOVÁ

*Ústav chemie a technologie sacharidů, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, 166 28 Praha 6*

Došlo dne 4. VIII. 1998

## Obsah

1. Úvod
2. Sacharosa
  - 2.1. Sladká chuť sacharosy
  - 2.2. Fyzikálně-chemická funkce sacharosy v potravinách
    - 2.2.1. Chemické vlastnosti
    - 2.2.2. Fyzikální vlastnosti sacharosy
  - 2.3. Náhrady sacharosy
3. Tuky
  - 3.1. Nutriční funkce tuků
  - 3.2. Fyzikálně-chemická funkce tuků
  - 3.3. Senzorická funkce tuků
  - 3.4. Náhrady tuků
4. Legislativní možnosti náhrady sacharosy a tuků v cukrovinkách
5. Příklady aplikace náhradních sladidel a náhrad tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách
  - 5.1. Náhrady sacharosy v nečokoládových cukrovinkách
  - 5.2. Náhrady sacharosy a tuků v čokoládě
6. Závěr

## 1. Úvod

Tento článek je písemná forma přednášky, která byla přednesena na 4. setkání odborné skupiny Chemie a technologie sacharidů a obilovin ČSCH dne 23. června 1998 na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze.

Nahradit sacharosu, nebo-li cukr, a tuky v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách znamená nahradit

téměř veškerou hmotu cukrovinek nějakou další vhodnou surovinou. Obsah sacharosy a tuků v potravinářském výrobku určuje jeho nutriční, fyzikální, chemické a senzorické vlastnosti v takové míře, že je těžké nahradit tyto suroviny jednou látkou nebo jednou skupinou látek podobných.

Vývoji náhrad sacharosy a tuků v potravinářských výrobcích a jejich uplatnění v nových recepturách je věnováno velké úsilí. Důvodem je výroba diabetických potravin, které se svými senzorickými vlastnostmi plně vyrovnají běžným výrobkům. Dále existuje stále větší snaha vyrábět tzv. potraviny „light“, to znamená se sníženou energetickou hodnotou a posledním důvodem je výroba cukrovinek, které nezpůsobují kazivost zubů.

Nejprve je zapotřebí se zmínit, jakým způsobem sacharosa, jako chemická látka a tuky, triacylglyceroly vyšších mastných kyselin, přispívají ke tvorbě vlastností potravin. Pro posluchače přednášek pořádaných odbornou skupinou Chemie a technologie sacharidů a obilovin České společnosti chemické pak mají praktický význam konkrétní příklady uplatnění náhrad sacharosy a tuků při výrobě čokoládových a nečokoládových cukrovinek.

## 2. Sacharosa

### 2.1. Sladká chuť sacharosy

Sacharosa je sladká a vytváří tedy sladkou chuť tam, kde je to žádoucí. Tato vlastnost je způsobena vhodným uspořádáním hydroxylových skupin většiny cukrů<sup>1,2</sup>.

Všechny sladké sloučeniny navzdory různé chemické struktuře mají společné rysy. Především obsahují elektro-negativní atomy, kterou jsou označovány jako A a B a jsou od sebe vzdáleny 0,25 až 0,4 nm. Na atom A je vázán vodík H, takže vzniká jednotka AH/B. Hydroxylová skupina cukrů představuje skupinu AH a kyslíkový atom další hydroxylové skupiny je B. Tato dvě uskupení reagují s proteinem receptoru chuťové buňky v ústech. Hydroxylová nebo iminová skupina aminokyseliny, jako je serin nebo threonin, tvoří AH skupinu a karbonylová skupina je B skupina. Mezi skupinou AH sladké látky a B skupinou receptoru a naopak

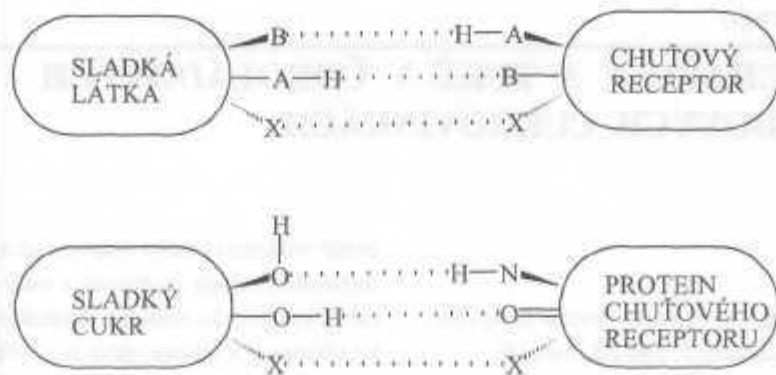


Schéma 1

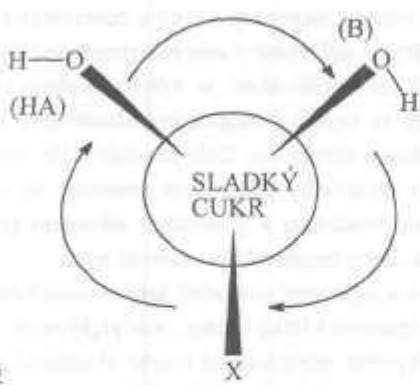


Schéma 2

AH skupinou receptoru a B sladké látky vznikají intermolekulární vodíkové vazby, o kterých se předpokládá, že jsou nositeli sladké chuti. Sladkou chuť látky posiluje lipofilní skupina X v molekule, která dohromady s AH/B tvoří jakousi kotvu, která zapadá do chuťového receptoru (schéma 1).

Jestliže chirální látky jako jsou cukry nebo aminokyseliny obsahují seskupení AH/B/X, je zapotřebí, aby skupiny byly uspořádány ve směru chodu hodinových ručiček (schéma 2).

Sladká chuť sacharosy je přičítána hydroxyly na C-2 glukosy a hydroxyly na C-1' nebo C-3' fruktosy, lipofilní centrum X je zastoupeno primární alkoholickou skupinou (schéma 3):

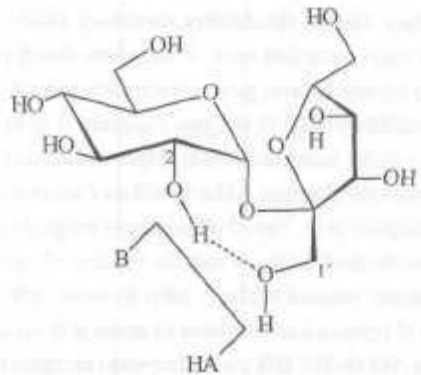
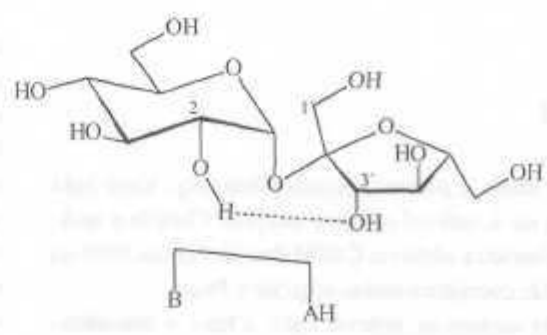


Schéma 3

Naskytá se otázka, zda posílením lipofilního charakteru skupiny X sacharosy se neposílí její sladká chuť. Skutečně se našla řada derivátů několikanásobně sladších než původní sacharosa. Takové deriváty mají určité hydroxylové skupiny nahrazeny halogeny<sup>3</sup>. Společnosti Tate&Lyle (UK) a Johnson&Johnson (USA) vyrábějí sladidlo s názvem sukralosa, které je povoleno přidávat v určitých státech do potravin a nápojů. Schéma výrobního postupu je zřejmé z rovnic 1 až 5. Prvním krokem je příprava 6,1',6'-tri-O-trityletheru sacharosy. Při této reakci jsou primární -OH skupiny reaktivnější, takže tritylaci vzniká derivát (7). Dalším krokem je esterifikace např. anhydridem kyseliny octové v přítomnosti pyridinu (2). Dále se v kyselém prostředí rozloží 6,1',6'-tri-O-tritylether, přičemž dochází k migraci acylu z C-4 na C-6 při současné epimerizaci na C-4 (3). Působením sulfuryl chloridu na acetylester dojde k substituci hydroxylové skupiny chlorem na C-6, C-1' a C-6' (4). Konečně v zásaditém prostředí se rozloží acetylester a vzniká tak derivát, který se nazývá 4,1',6'-trichloro-4,1',6'-trideoxy-galacto-sucrose (5), neboli sucralose. Sukralosa je 650krát sladší než původní sacharosa.

Další sladký derivát odvozený od sacharosy je palatinitol<sup>4</sup>. Palatinitol byl vyvinut výzkumným oddělením cukrovarnické společnosti Siidzucker v Německu v oblasti, která

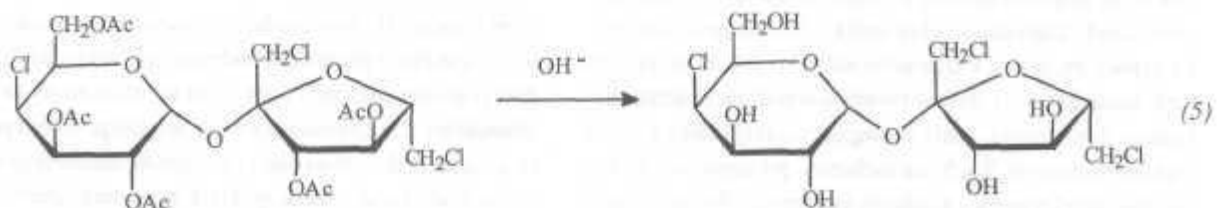
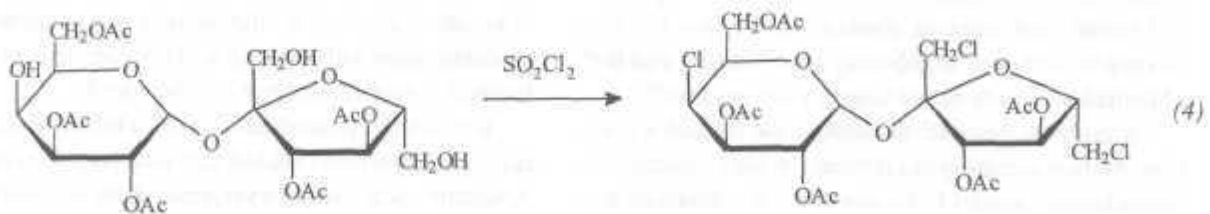
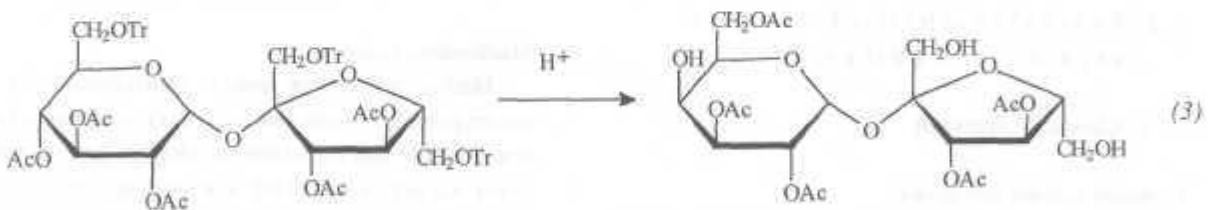
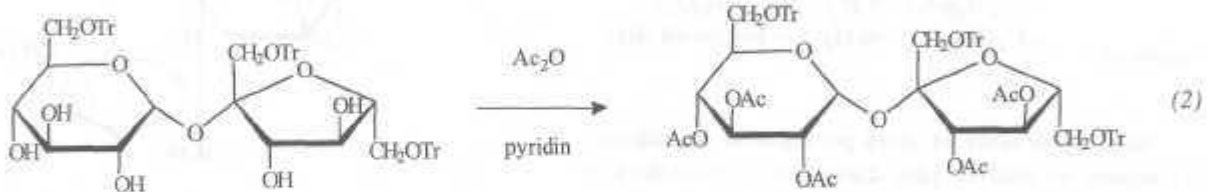
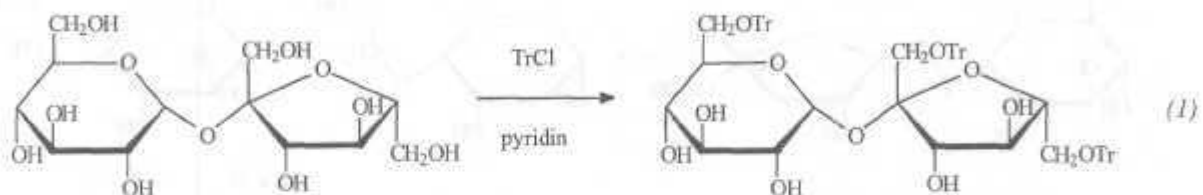


se latinsky nazývá Palatinum. Palatinitol, který se vyrábí z palatinosu, se prodává také pod obchodním názvem isomalt. Palatinitol se používá jako sladidlo, jehož relativní sladivost je 0,5.

V literatuře bývá palatinosa nazývána isomaltulosa a zredukovaný produkt isomalt nebo isomaltitol. Avšak je třeba mít na paměti, že isomaltitol (6-*O*- $\alpha$ -D-glykopyranosyl-D-glucitol) je triviální název zredukované isomaltosy (6-*O*- $\alpha$ -D-glykopyranosyl- $\alpha$ -D-glukopyranosa).

Při výrobě palatinitolu je prvním krokem enzymová

transformace sacharosy v roztoku na palatinosu (6-*O*- $\alpha$ -D-glykopyranosyl-D-fruktosa) enzymy kmene *Protaminobacter rubrum* (rovnice 6). Fermentační medium je těžká šťáva nebo melasa a transformace probíhá při pH 7,2. Isomaltulosa je vedle dalších cukrů hlavním produktem reakce. Po odpaření fermentačního roztoku a krystalizaci se získá isomaltulosa, která je potom redukcí na Raneyově niku zredukována. Redukcí vzniká produkt - palatinitol. Palatinitol je ekvimolární směs 6-*O*- $\alpha$ -D-glukopyranosyl-D-glucitolu a 6-*O*- $\alpha$ -D-glukopyranosyl-D-mannitolu (rovnice 7).



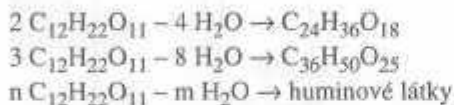
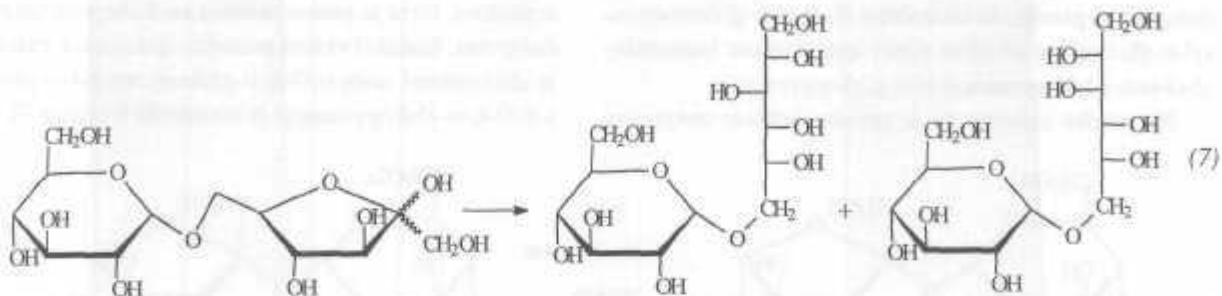
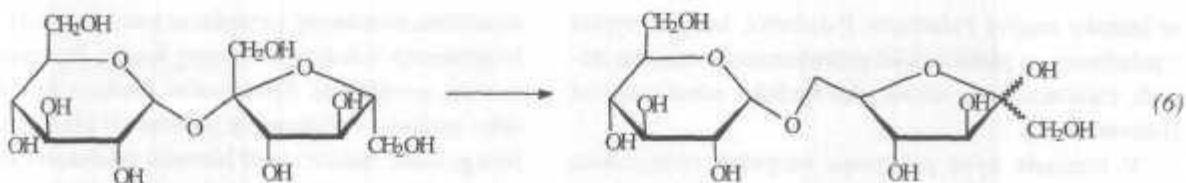
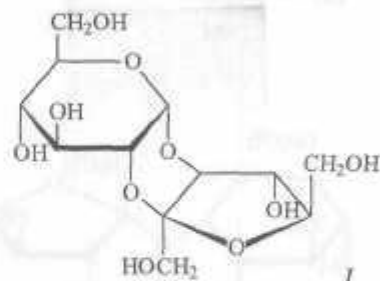


Schéma 4



Isosacharan (1,3', 2,2'-dianhydro-β-D-fruktofuranosyl α-D-glukopyranosid)

Konečný produkt se získá po odpaření krystalizací. Palatinitol se používá jako diabetické a nízkokalorické sladidlo, které nepodporuje kazivost zubů.

## 2.2. Fyzikálně-chemická funkce sacharosy v potravinách

### 2.2.1. Chemické vlastnosti

#### Termální rozklad sacharosy

Ačkoliv je sacharosa bílá krystalická látka bez zápachu, přispívá k tvorbě žlutého až hnědého zbarvení potravin i tvorbě vůně potravin. Reakce, které vedou k tvorbě barvených látek jsou označovány jako termální rozklad<sup>5</sup> a Maillardova reakce neboli neenzymové hnědnutí<sup>6</sup>.

Při zahřívání bezvodé sacharosy nebo roztoků s vysokým obsahem sacharosy bez přítomnosti látek obsahujících aminoskupinu dochází ke karamelizaci. Karamelizaci urychluje nižší pH (2-4,5). Během mírné termolýzy nastávají změny ve struktuře molekuly sacharosy a štěpení glykosidových vazeb. Zejména se však jedná o dehydrataci, což vede ke vzniku dvojných vazeb nebo anhydro produktů, jako je např. isosacharan (I). Během tavení však dochází k extramolekulární dehydrataci, čímž postupně vznikají látky s vyšší molární hmotností. Takže ze sacharosy postupně vzniká karamelan, dále karamelen a nakonec huminové látky (schéma 4).

#### Maillardova reakce

Maillardova reakce nastává zahříváním nebo skladováním produktů, které obsahují cukry, aminokyseliny nebo jiné dusíkaté látky. Reakce je zahájena tím, že redukující cukry reagují reverzibilně s aminy za vzniku glykosylaminů. Tato počáteční reakce je potom následována řadou dalších dehydratačních a kondenzačních reakcí. Vznikají látky jako např. deriváty furaldehydu nebo dikarboxylové produkty, které polymerizují s dalším aminem za vzniku hnědých melanoidinů, které obsahují dusík.

K vysvětlení procesů probíhajících během Maillardovy reakce bylo navrženo několik schémat, které jsou zahájeny Amadoriho nebo Heynsovým přesmykem. Amadoriho přesmyk lze vysvětlit na reakci D-glukosy s aminem, kdy vzniklý glukosylamin je v rovnováze s 1-amino-1-deoxy-D-fruktosou (8). Amadoriho produkty, 1-amino-deoxyketosy, zejména v prostředí s hodnotou pH nižší než 5, mohou dále podléhat enolizaci a uvolnění aminoskupiny za vzniku diketolátek (9). Diketolátky však nemusí podléhat polymerizaci a naopak mohou reakcí s aminokyselinami za vyšších teplot poskytnout produkty, které jsou methylderiváty pyr-

rolu nebo pyrazinu (70), které pak přispívají k vůni určité potraviny (např. pražená káva, kakové boby, vůně pečiva apod.). Heynsův přesmyk má podobný průběh jako Amadoriho přesmyk, avšak do reakce vstupuje ketosa a vzniká derivát aldoso.

### 2.2.2. Fyzikální vlastnosti sacharosy<sup>7</sup>

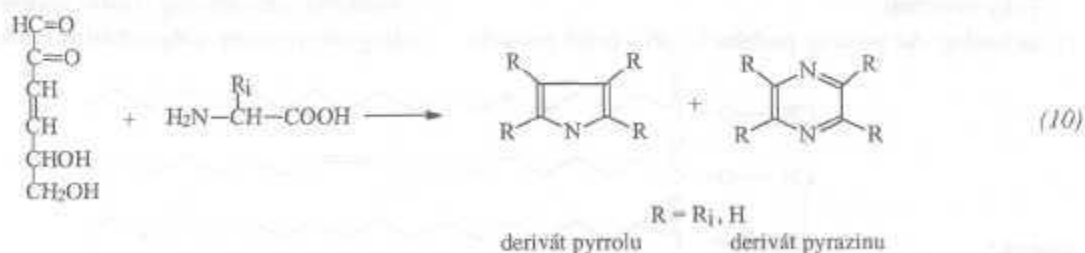
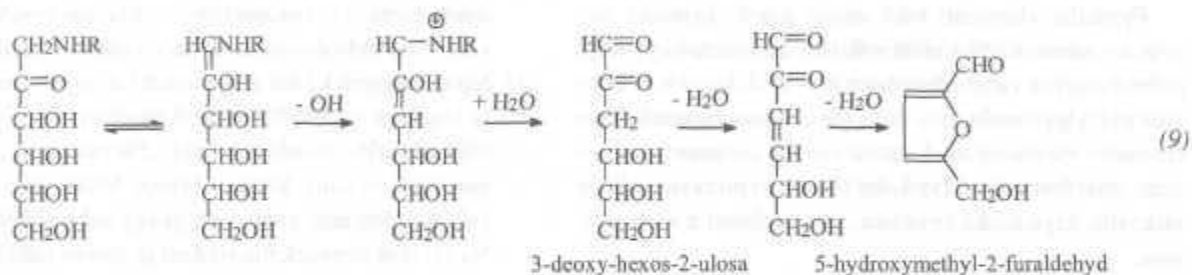
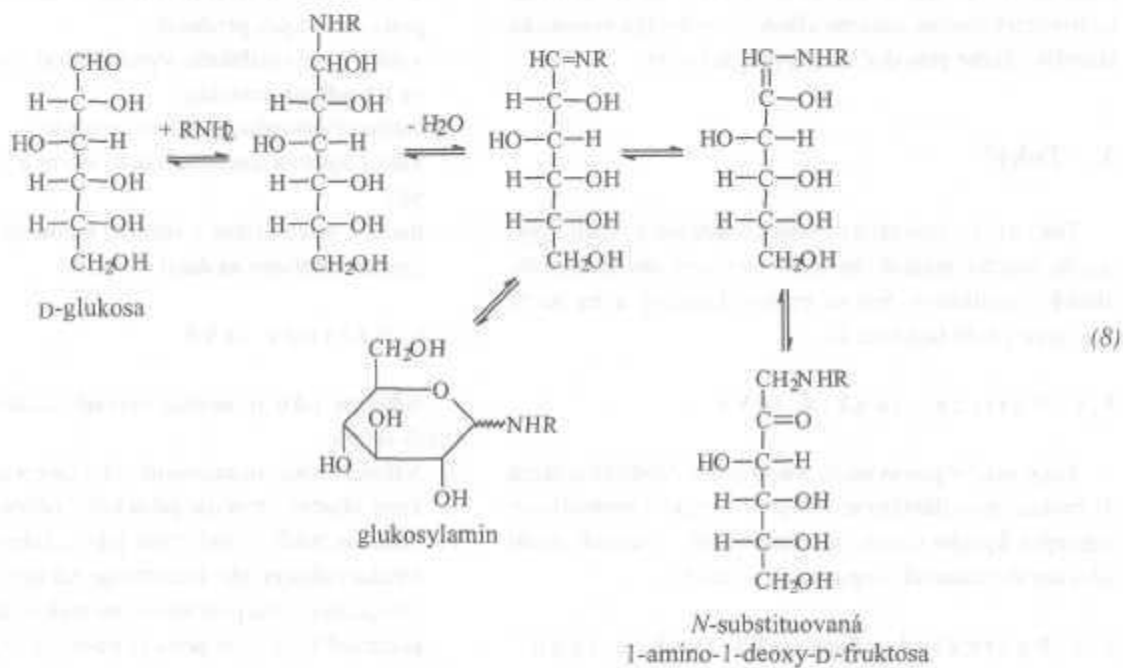
#### Koligativní vlastnosti sacharosy

Sacharosa způsobuje snížení bodu tuhnutí, zvyšuje bod varu roztoků a jejich osmotický tlak. Dále ovlivňuje aktivitu vo-

dy určitého produktu. Zvýšení bodu varu cukerných roztoků má pak za následek odpařování kandytových roztoků při vyšší teplotě a omezení tvorby krystalů během chlazení.

#### Rozpustnost a viskozita

Sacharosa je dobře rozpustná, což je důležité jak při výrobě cukrovinek nebo jiných produktů, jako jsou například ovocné pomazánky, tak při konzumaci těchto výrobků. Roztoky sacharosy se stejným obsahem sušiny jako škrobový sirup nebo maltosový sirup mají nižší viskozitu, což je opět důležitá vlastnost při výrobě kandytů.



### Hustota sacharosu

Protože krystalická sacharosa má vhodnou hustotu (1587,1 kg.m<sup>-3</sup> při 20 °C), je ideální nosič barviv, aromat a jiných přídatných látek, takže se uplatňuje v různých směsích, klasickým příkladem je právě čokoláda, marcipán nebo nugát. U pečených výrobků se podílí na vytvoření jejich struktury a objemu.

### 2.3. Náhrady sacharosu

Jako náhrady sacharosu se obecně mohou uplatňovat fruktosa, fruktooligosacharidy včetně inulinu, redukované hydrolyzáty škrobu, cukerné alkoholy (polyoly), syntetická sladidla, sladké přírodní látky a polydextrosa.

## 3. Tuky<sup>8</sup>

Tuky a oleje jsou estery vyšších mastných kyselin a glycerolu. Jejich fyzikálně chemické vlastnosti závisí na počtu uhlíků v uhlíkatém řetězci mastné kyseliny a na počtu dvojných vazeb (schéma 5).

### 3.1. Nutriční funkce tuků

Tuky mají v potravinách z nutričního hlediska celkem tři funkce, jsou důležitým zdrojem energie a esenciálních mastných kyselin (linolová a linolenová). Zároveň slouží jako nosiči vitaminů rozpustných v tucích.

### 3.2. Fyzikálně-chemická funkce tuků

Fyzikální vlastnosti tuků určuje jejich chemické složení, to znamená délka uhlíkatého řetězce mastné kyseliny, počet dvojných vazeb, distribuce mastných kyselin v molekule triacylglycerolu a *cis* nebo *trans* forma izomerů. Tyto chemické vlastnosti tuků, spolu s jejich polymorfním stavem, ovlivňují takové fyzikální vlastnosti potravin, jako je viskozita, krystalická struktura, tání a tuhnutí a roztíratelnost.

Tuky ovlivňují:

1) technologické procesy probíhající při výrobě potravin

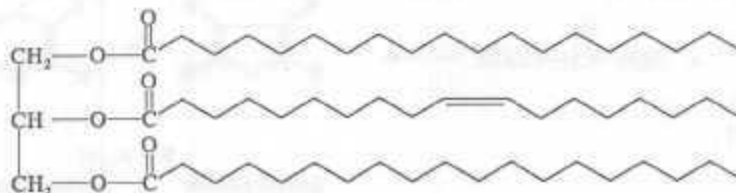


Schéma 5

(např. tepelnou stabilitu, viskozitu, vznik krystalů, chování během šlehání),

- 2) vlastnosti hotového výrobku (lepivost, citlivost na tečné napětí, migrace jednotlivých složek a stálost disperze),
- 3) skladovací vlastnosti, které zahrnují fyzikální vlastnosti (stálost emulze, migrace tuku a oddělování tuku), chemické vlastnosti (žluknutí a oxidace tuků) a mikrobiální nezávadnost, která je spojena s aktivitou vody.

### 3.3. Senzorická funkce tuků

Tuky ovlivňují čtyři hlavní sensorické charakteristiky potravinářských produktů:

- vzhled potravinářského výrobku (lesk, průsvitnost, barva a hladkost povrchu),
- texturu (viskozita, elasticita, tvrdost),
- vůni (zejména intenzita vůně, vývoj a uvolňování vůně),
- pocit v ústech (tání v ústech, krémovitost, mazavost, plnost a ulpívání na ústní sliznici).

### 3.4. Náhrady tuků

Náhrady tuků je možno obecně rozdělit do následujících skupin:

- 1) Náhrada tuků, označovaná jako „Replacer“ je termín, který obecně označuje jakoukoliv náhradu tuků.
- 2) Náhrada tuků, označovaná jako „Substitute“, je syntetická náhrada, která nahrazuje tuk stejným hmotnostním podílem, má podobnou chemickou strukturu, avšak je odolná hydrolyze pomocí trávicích enzymů.
- 3) Náhrada tuků, označovaná jako „Fat mimetic“, je náhrada, která se vyznačuje tím, že vyžaduje vysoký obsah vody, aby bylo dosaženo požadovaného výsledku.
- 4) Nízkoenergetický tuk je syntetický triacylglycerol, který obsahuje neobvyklé mastné kyseliny.
- 5) Náhrada tuků, označovaná jako „Fat extenser“, je kombinovaný systém, který zahrnuje běžné tuky a oleje s dalšími látkami, např. emulgátory nebo stabilizátory.

Na základě chemického složení je možné náhrady tuků klasifikovat jako deriváty škrobu, upravenou vlákninu, modifikované proteiny, polysacharidy tvořící gely, gemy a za-

hušřovadla, emulgátory, látky tvořící hmotu „bulking agents“, tj. plnidla a nízkenergetické tuky,

V cukrovinkách, vzhledem k tomu, že se většinou jedná o systém, kde je nízký hmotnostní zlomek vody a vysoký hmotnostní zlomek tuku (V/O), nacházejí uplatnění jako náhrada tuků nízkenergetické tuky a plnidla. Polysacharidy, jejich deriváty a modifikované proteiny připadají v úvahu v těchto systémech, které obsahují více vody a tudíž se jedná o O/V.

Při výrobě čokoládových nebo nečokoládových cukrovinek, které obsahují tuk, se v praxi mohou v podstatě použít dvě náhrady, a to Olestra nebo Caprenin či Salatrim.

Olestra<sup>9</sup> je typ náhrady označené jako „Replacer“. Olestra je ester sacharosy, který obsahuje 6 až 8 esterických skupin v jedné molekule a patří do skupiny cukroesterů. Tyto estery se mohou připravovat transesterifikací, která probíhá při tavení např. ethylesterů mastných kyselin a sacharosy při 100–180 °C po dobu 14 h. Jako katalyzátor slouží ethanolát sodný. Nezreagované estery mastných kyselin a nižší estery sacharosy jsou z reakční směsi odstraněny enzymovou hydrolýzou. Estery, které obsahují 5 až 8 esterických skupin, enzymové hydrolýze lipasami nepodléhají. Jak již z názvu vyplývá, Olestra je vícenásobný ester sacharosy s kyselinou olejovou. Olestra není trávena v lidském zažívacím ústrojí a tak nemá žádnou energetickou hodnotu.

Caprenin a Salatrim<sup>9</sup> jsou nízkenergetické tuky, které se také nazývají strukturní triacylglyceroly. Strukturní triacylglyceroly se vyrábějí chemicky katalyzovanou transesterifikací nebo interesterifikací hydrogenovaného rostlinného oleje s triacylglyceroly, které obsahují nižší (short acid) nebo vyšší (long acid) mastné kyseliny. Výsledné složení triacylglycerolu závisí na složení výchozí reakční směsi, přičemž jednotlivé mastné kyseliny jsou náhodně uspořádány na glycerolu. Vhodnou separací se pak získá triacylglycerol s požadovaným složením.

Caprenin je první strukturní tuk, který byl zaveden na trh. Caprenin obsahuje kyselinu kaprylovou (C8:0), kapronovou (C10:0) a behenovou (C22:0). (Pozn.: První číslice v záorce značí počet uhlíků řetězce vyšší mastné kyseliny a druhá počet dvojných vazeb.) Středně dlouhé kyseliny pocházejí z kokosového tuku a palmojádřového oleje, kdežto kyselina behenová pochází z hydrogenovaného řepkového oleje.

Salatrim je ve srovnání s Capreninem mladší tuk, a je to vlastně skupina strukturních triacylglycerolů, které obsahují náhodně rozdělené nižší mastné kyseliny (octová, propionová a/nebo máselná) a vyšší mastnou kyselinu (pre-

vážně stearová). Poměr nižších a vyšších mastných kyselin ve Salatrimu ovlivňuje jeho technologické vlastnosti.

Salatrim a Caprenin mají zhruba poloviční energetickou hodnotu ve srovnání s přírodními tuky, tj. 21 kJ.g<sup>-1</sup>.

#### 4. Legislativní možnosti náhrady sacharosy a tuků v cukrovinkách<sup>10</sup>

Na základě literatury je snad možné usoudit, že náhrad sacharosy a tuků je široká řada. Vzhledem k současné legislativě v České republice jsou však možnosti poněkud omezené. Zákon o potravinách a tabákových výrobcích (zákon č. 110/1997 Sb.) definuje ve vyhlášce č. 334, oddíl 1 § 1, pojem přírodní sladidla. Mezi přírodní sladidla patří sacharosa, glukosa (v zákoně dextróza!), fruktosa a laktosa.

Vyhláška č. 298 stejného zákona se zabývá přídatnými látkami. Přídatné látky v části 1 jsou děleny do několika kategorií, které zahrnují jak náhrady přírodních sladidel, tak tuků. Z této části 1 je možné vyjmenovat:

- h) Náhradní sladidla jsou látky, které udělují potravinám sladkou chuť a které nepatří mezi monosacharidy a disacharidy.
- j) Zahušřovadla jsou látky, které zvyšují viskozitu,
- m) Stabilizátory umožňují udržovat fyzikální vlastnosti potravin,
- n) Emulgátory jsou látky, které umožňují tvorbu stejnorodé směsi dvou nebo více nemísitelných fází nebo které tuto směs udržují,
- v) Zvlhčující látky jsou látky, které chrání potravinu před vysycháním,
- w) Plnidla jsou látky, které přispívají k objemu potravin, aniž významně zvyšují její energetickou hodnotu.

#### 5. Příklady aplikace náhradních sladidel a náhrad tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách

V části 8 zákona č. 110 jsou vyjmenována náhradní sladidla, které je možno používat v České republice. V podstatě jsou to náhradní sladidla, s výjimkou sukralosy, která se používají běžně po celém světě: sorbitol, maltitol, sorbitolový sirup, mannitol, isomalt, maltitol, maltitolový sirup, laktitol a xylytol, acesulfam K, aspartam, sacharin, thau-matin a neohesperidin DC.

Náhrady tuků, je termín, který český Zákon o potravinách nepoužívá. Jednotlivé náhrady tuků je možno nalézt



v různých odstavcích části zabývající se přídatnými látkami. Podle tohoto zákona je možné použít polydexstrosy, řadu modifikovaných škrobů, estery sacharosy s mastnými kyselinami (cukroestery), polysacharidy a pestrou řadu jejich derivátů. Jako emulgátory se mohou používat estery mono- a diacylglycerolů (diglyceridy) mastných kyselin s kyselinou octovou, což jsou zároveň nízkenergetické tuky.

### 5.1. Náhrady sacharosy v nečokoládových cukrovinkách

Praktické využití v cukrovinkách mají z povolených náhrad v Zákonu o potravinách uvedené všechny látky nebo směsi, s výjimkou taumatinu a neohesperidinu DC.

#### Fruktosa

Fruktosa je cukr, který lze v omezené míře, z důvodu denní spotřeby energie, použít při výrobě diabetických cukrovinek a čokolády (tab.I). Fruktosa se zúčastňuje Maillardovy reakce, podléhá karamelizaci, je dobře rozpustná ve vodě, má sladivost vyšší než sacharosa a je více hygroskopická. Používá se spíše při výrobě pečiva a ovocných pomazánek, nicméně nachází uplatnění ve směsi s vyššími oligosacharidy a inulinem při výrobě diabetické čokolády. Při výrobě cukrovinek se sníženou energetickou hodnotou nepřichází v úvahu.

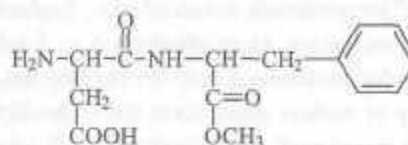
Tabulka I  
Složení diabetické čokolády obsahující fruktosu

Složka	Obsah [%]
Bílkoviny	6,4
Cukry celkem	43,0
Fruktosa	31,0
Sacharosa	1,4
Laktosa	9,6
Tuky	30,5
Balastní látky	17,0

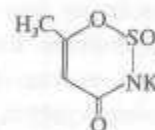
#### Cukerné alkoholy (polyoly) v kombinaci se syntetickými sladidly

Všechny typy cukerných alkoholů, které jsou povoleny Zákonem o potravinách, je možné použít v České republice k výrobě čokoládových a nečokoládových cukrovinek k diabetickým účelům, případně při výrobě cukrovinek se sníženou energetickou hodnotou a cukrovinek, které nezpůsobují kazivost zubů. Z přehledu sladivostí je zřejmé, že cukerné alkoholy včetně maltitolových sirupů, se musí

v recepturách vhodně kombinovat s náhradními sladidly s vyšší sladivostí. V čokoládových cukrovinkách se v současné době používají aspartam (II) a acesulfam K (III). Aspartam je syntetický dipeptid, který se skládá z methyl-esteru fenylalaninu a asparaginu. Aspartam není stálý při nižším pH a vyšších teplotách. Pokud se používá při výrobě kandytů, je třeba ho přidávat s ohledem na tuto skutečnost a to nejlépe s aromatickými látkami. Aspartam se však chuťově velmi dobře uplatňuje v recepturách čokolád. Acesulfam K je látka chemicky velmi stálá a je ho možno použít zcela bez potíží právě při výrobě kandytů. Tato dvě syntetická sladidla mají vysokou sladivost, která se pohybuje kolem 200.



N-L-aspartyl-L-fenylalanin-1-methyl ester  
Aspartam



6-methyl-1,2,3-oxathiazin-4(3H)-on-  
2,2-dioxid (draselná sůl)  
Acesulfam K

Při výrobě čokolád je však v případě cukerných alkoholů třeba vzít v úvahu jejich sladivost a rozpouštěcí teplo.

O všech cukerných alkoholech a náhradách tuků je možno říci, že ve vyšších denních dávkách způsobují zažívací potíže, jako jsou například průjemy apod. Je důležité si také uvědomit, že cukerné alkoholy a syntetická sladidla nepodléhají Maillardově reakci, a proto výrobky z nich mají více či méně odlišné sensorické vlastnosti ve srovnání s přírodními sladidly. Přehled používaných cukrů a cukerných alkoholů je uveden v tabulce II.

Použití cukerných alkoholů a hydrogenovaných škrobových hydrolyzátů (HSH) je možno demonstrovat na konkrétních případech. Při odpařování je třeba brát zřetel na skutečnost, že cukerné roztoky obsahující redukované cukry mají obecně vyšší bod varu ve srovnání s roztoky, které obsahují pouze sacharosu.

#### Hydrogenované škrobové hydrolyzáty (HSH)

Hydrogenované škrobové hydrolyzáty slouží spíše jako plnidlo než náhradní sladidlo. Hydrogenovaných škrobových hydrolyzátů je celá řada a jednotlivé druhy se liší



poměrným složením redukovaných oligosacharidů. Jejich sladivost se potom pohybuje od 0,25 do 0,6. HSH je možno použít k výrobě kandytů, želé a gumovitých cukrovinek.

V tabulce III je uveden přehled vybraných redukovaných škrobových hydrolyzátů typu A až D. Typ D je vlastně maltitolový sirup. Maltitolový sirup je z celé řady nejsladší, jeho sladivost je 0,85. Výrobcům z maltitolového sirupu (tabulka IV) musí být však věnována zvláštní péče při skladování, protože jsou poměrně hygroskopické, a proto mají kratší dobu skladovatelnosti ve srovnání se standardními výrobky. Kombinace HSH a acesulfamu K zlepšuje sladký vjem.

#### Laktitol<sup>14</sup>

Dalším cukerným alkoholem, který je možno použít při výrobě kandytů, je laktitol. Laktitol je možné v recepturách

Tabulka II  
Hodnoty relativní sladivosti, rozpouštěcího tepla a rozpustnosti<sup>11,12</sup>

Látka	Relativní sladivost	Rozpouštěcí teplo [J.g <sup>-1</sup> ]	Rozpustnost při 20 °C g/100 g roztoku
Sacharosa	1	-18	66,72
Fruktosa	0,7-1,8	-50,2	78,9
Isomalt	0,4	-39,3	24,5
Laktitol	0,35	-52,3	56,5
Maltitol (kryst.)	0,85	-79	60,3
Sorbitol(D-glucitol)	0,6	-110,0	68,7
Mannitol	0,5	-120,9	25,8
Xylitol	1	-153,2	62,8
HSH	0,25-0,8	-	—

Tabulka III

Přehled důležitých teplot při výrobě kandytů z obvyklé kandytové hmoty a z hmoty obsahující HSH

Hmota	Obsah [%]			Konečný b.v. [°C]	Tvarování [°C]	
	glukosa DP <sup>a</sup> -1	maltosa DP <sup>a</sup> -2	DP <sup>a</sup> >4		řetězce	kandytů
Kandytová hmota	—	—	—	157-165	90	76-84
HSH – typ A	14	8	68	157-165	90	84-65
HSH – typ B	15	20	54	165-173	94	79-87
HSH – typ C	13	34	41	170-179	98	70-82
HSH – typ D	7	60	18	201-207	113	70-82

<sup>a</sup>DP - polymerační stupeň

kombinovat s maltitolem nebo HSH, se směsí maltitolu a polydextrosy nebo pouze s polydextrosou. Směsi laktitolu a polydextrosy je pak možno považovat za nízkoenergetické. Laktitol navíc snižuje hygroskopicitu výrobků obsahujících maltitol. Rovněž je nutné počítat se zvýšením bodu varu ve srovnání se standardním kandytovým roztokem. Zvyšováním obsahu laktitolu klesá lepivost cukrovinek, avšak více jak 75 % laktitolu může způsobit rekrystalizaci. V tabulce V je uvedena typická receptura s laktitolem.

#### Isomalt<sup>12</sup>

Isomalt se svými fyzikálními vlastnostmi, s výjimkou sladivosti, snad nejvíce blíží sacharose. Jeho roztoky mají nepatrně vyšší bod varu (tabulka VI) ve srovnání se sacharosou a mají přibližně stejnou viskozitu. Výrobky z něj jsou málo hygroskopické, což má za následek delší skladovatelnost výrobků. Výjimku tvoří jeho rozpustnost, která je v rozmezí teplot 0 až 80 °C nižší než rozpustnost sacharosy, avšak při vyšších teplotách jsou rozpustnosti prakticky stejné. Isomalt nepodléhá kyselé hydrolyze ani Maillardově reakci. Při výrobě kandytů z isomaltu je proto třeba vzít v úvahu:

- nižší rozpustnost při nižších teplotách,
- vyšší bod varu,
- nižší viskozitu kandytové hmoty,
- vyšší měrné teplo (2,4 kJ/°C - sacharosa, 2,8 kJ/°C - isomalt).

Z isomaltu je možné vyrábět dropsy, furé (tabulka VII) nebo zdravotní cukrovinky.

Nakonec je třeba se zmínit o dvou důležitých vlastnostech isomaltu, a to je velikost krystalů a tvorba hydrátů. Isomalt vytváří jemné krystaly s velikostí méně než 100 μm. To je výhodné právě při výrobě čokolády. Avšak 6-O-α-D-glukopyranosyl-D-mannitol, který je součástí iso-

Tabulka IV  
Receptura na kandyty

Surovina	Obsah (%)
<i>Standardní výrobek</i>	
Škrobový sirup	45,0
Cukr (sacharosa)	45,0
Voda	10
Kyselina citronová	1,0
Barviva a aromata	qs
<i>Výrobek bez cukru</i>	
HSH (B)	98,35
Kyselina citronová	1
Syntetické sladidlo	0,15
Barviva a aromata	qs

Tabulka V  
Receptura na kandyty s laktitolem

Surovina	kg
Laktitol (95 % sušiny)	45,0
Maltitolový sirup (75 % sušiny)	45,0
Voda (podle zařízení)	
Tlumivý roztok kyseliny mléčné	2,2
Barviva a aromata	qs
Aspartam nebo Acesulfam K	

Tabulka VI  
Přehled teplot při výrobě kandytů z isomaltu

Proces	Teplota [°C]
Rozpouštění	126
Odpařování za normálního tlaku	170-176
Odpařování za sníženého tlaku	148-159
Tvarování cukrovinek	96

Tabulka VII  
Základní receptura kandytů s isomaltem

Surovina	kg
Isomalt, hydrát	75,0
Voda	25,0
Kyselina citronová	0,8-1,0
Barviva a aromata	qs
Aspartam nebo Acesulfam K	0,05-1,0

malto krystalizuje jako dihydrát. Proto při výrobě čokolád je nutné upravit technologický proces tak, aby nedošlo k uvolňování této krystalické vody (viz tabulka XI).

#### *Polydextrosa (Polydextrose)<sup>15,16</sup>*

Polydextrosa je polymer, který se získá tavením glukosy, sorbitolu a kyseliny citronové. Tento polymer obsahuje glykosidické vazby, které se běžně v přírodě nevyskytují. Polydextrosa se prodává pod obchodním názvem Litesse I až III. Polydextrosa má totiž kyselou a hořkou příchut'. Rafinací se právě získají obchodní produkty Litesse. Litesse je plnidlo, které se může používat při výrobě kandytů, želé a čokolády. Litesse II je možno kombinovat s maltitolem nebo laktitolem. V tabulkách VIII až X jsou receptury na vybrané typy cukrovinek.

#### 5.2. Náhrady sacharosy a tuků v čokoládě

Jak již bylo řečeno, fruktosa a inulin mohou ve směsi nahradit sacharosu v mléčné čokoládě. Vzhledem ke sladivosti fruktosy, není zapotřebí použít v receptuře intenzivní syntetické sladidlo.

#### *Laktitol<sup>17</sup>*

Sacharosa může být nahrazena v čokoládě například laktitolem. Laktitol se však vyrábí také jako monohydrát. V tom případě je nutné čokoládu opatrně válcovat a košovat při teplotě nižší než 60 °C, protože nesmí nastat uvolnění krystalické vody. Používá-li se laktitol bezvodý, potom je možno pracovat při standardních pomínekách. Vzhledem k tomu, že laktitol má nižší sladivost než sacharosa, používá se v kombinaci se syntetickými sladidly. V receptuře v tabulce X byl uveden laktitol spolu s polydextrosou, což má za důsledek značné snížení energetické hodnoty výrobku.

#### *Maltitol<sup>18,19</sup>*

Čokoládu je však také možno vyrobit s maltitolem. Maltitol je poměrně mladý cukerný alkohol, který má řadu výhod:

- má poměrně vysokou sladivost (0,8),
- nízké rozpouštěcí teplo, takže má malý chladivý efekt,
- vysoký bod tání,
- nízkou hygroskopicitu,
- krystaluje v bezvodé formě.

Maltitol v receptuře čokolády neznamená žádné změny

v technologickém procesu. V tabulce XI jsou uvedeny teploty konšování čokolády s různými náhradami sacharosy. Typická receptura čokolády s maltitolem je v tabulce XII.

### Xylitol<sup>17</sup>

Xylitol je cukerný alkohol, kterým je možno zlepšit senzorické vlastnosti čokolády přidáním 0,2-0,5 % na čokoládovou hmotu. Při vyšším obsahu v čokoládě se začne negativně projevovat jeho chladivý efekt. Xylitol je málo hygroskopický, a proto se může používat při suchém kandýrování různého typu želé. Xylitol má srovnatelnou sladivost se sacharosou, takže se vzhledem ke svému chladivému efektu může používat při výrobě zdravotních cukrovinek, jak želé, tak kandytů, avšak především se používá při výrobě žvýkaček. Xylitol se používá při výrobě diabetických cukrovinek a cukrovinek, které nezpůsobují kazivost zubů.

### Salatrim<sup>20</sup>

Náhrada kakaového másla v čokoládě, která má za cíl snížit energetickou hodnotu čokolády, se prozatím v literatuře popisuje vlastně hlavně jedna. Jedná se totiž o látku s obchodním názvem Salatrim. Salatrim je pak zkratka anglického označení „Short(s) and long(l) chain acid triacylglycerol molecules“. V kapitole 3.4. byl Salatrim uveden jako směs triacylglycerolů. U tohoto nízkoenergetického tuku je z hlediska technologického důležitý poměr s/l. S klesajícím počtem uhlíků v nižší mastné kyselině klesá tvrdost produktu a se zvyšujícím se poměrem s/l také klesá tvrdost tuku. K výrobě čokoládových polev jsou navrhovány směsi, které obsahují 95 % sll a 5 % ssl (tabulka XIII).

V České republice Zákon o potravinách povoluje v nezbytném množství estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou octovou. Tyto látky se však používají jako emulgátory. Z přílohy č. 8 k vyhlášce č. 334/1997 Sb. Zákona o potravinách vyplývá, že vlastně neexistuje termín čokoláda se sníženou energetickou hodnotou. Čokoládou se myslí výrobek, který obsahuje určitou hodnotu kakaového másla (tuku) a mléčného tuku. Při výrobě čokoládových cukrovinek se v České republice také používají náhrady kakaového másla, které se přidávají v takovém množství, aby byl minimálně splněn požadavek na obsah kakaového másla ve výrobku. Tyto náhrady kakaového másla jsou však speciální tuky, které mají složení velmi blízké kakaovému máslu a ovlivňují reologické vlastnosti čokoládových hmot. Tudíž se nejedná o snížení nutriční hodnoty čokoládových cukrovinek.

Tabulka VIII

Receptura kandytů s polydextrosou

Surovina	kg
Litesse II	38,82
Isomalt	38,32
Voda	20,61
Kyselina citronová	1,5
Aromata	1,5
Barviva	0,1

Tabulka IX

Receptura na želé s polydextrosou

Surovina	kg
Želatina (225 bloom)	9,09
Voda	19,80
Litesse II	36,20
Sorbitol	16,43
Voda	16,40
Kyselina citronová	1,15
Aroma	0,1
Barvivo	0,02
Syntetické sladidlo	q.s

Tabulka X

Receptura na čokoládovou polevu máčecí

Surovina	kg
Kakaová hmota	15,0
Odtučněné sušené mléko	11,0
Kakaové máslo	27,0
Litesse II	23,25
Sorbitol nebo laktitol	23,25
Lecitin	0,5

Tabulka XI

Teploty konšování různých čokolád s různými náhradami cukru

Látka	Teplota konšování [°C]
Sacharosa	80
Maltitol	80
Mannitol	80
Laktitol	60
Isomalt	45
Sorbitol	45
Xylitol	45

Tabulka XII

## Receptura hořké čokolády s maltitolem

Surovina	kg
Kakaová hmota	42,0
Maltitol	44,0
Kakaové máslo	13,5
Lecitin	0,5

Tabulka XIII

## Receptura čokoládové polevy

Surovina	Obsah (%) pro recepturu		
	standardní	se Salatrimem	se Salatrimem a Litesse
Kakaový prášek (11 % tuku)	12	12	12
Kakaový prášek odtučněný	11,3	11,3	11,3
Kakaové máslo	27	-	-
Salatrim	-	27	27
Sacharosa	45	45	30
Polydextrosa (Litesse)	-	-	15
Odtučněné sušené mléko	4	4	4
Lecitin	0,2	0,2	0,2
<i>Energetická hodnota (kJ/100g)</i>	<i>1988</i>	<i>1570</i>	<i>1319</i>

## 6. Závěr

Cílem přednášky a tohoto sdělení bylo shrnout možnosti využití náhrad sacharosy a tuků při výrobě cukrovinek. K tomu účelu byly stručně popsány fyzikálně-chemické vlastnosti sacharosy a tuků a krátce vysvětleny legislativní možnosti použití náhrad. Protože přednáška byla určena hlavně výrobcům cukrovinek, byly uvedeny v podstatě všechny náhrady včetně konkrétních receptur.

*Děkuji Mgr. Andrejovi Sinicovi za kreslení obrázků.*

## LITERATURA

- Lichtenthaler F. W.: *Carbohydrates as Organic Raw Materials*, str. 16. Verlag Chemie, Weinheim 1990.
- Lichtenthaler F. W.: *Carbohydrates as Organic Raw Materials*, str. 33. Verlag Chemie, Weinheim 1990.
- Hugh L.: *Int. Sugar J.* 91, 23, 35, 37 (1989).
- Whistler R. L., BeMiller J. N.: *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*, str. 39. Eagan Press, St. Paul USA, 1996.,
- Davídek J., Janíček G., Pokorný J.: *Chemie potravin*, str. 516. SNTL/ALFA, Praha 1983.
- Mathlouti M., Reiser P.: *Sucrose, Properties and Applications*, str. 223. Blackie A&P, Chapman Hall, London 1995.
- Roller S., Jones S. A.: *Handbook of Fat Replacers*. CRC, New York 1996.
- Lichtenthaler F. W.: *Carbohydrates as Organic Raw Materials*, str. 69. Verlag Chemie, Weinheim 1990.
- Praktická příručka 25/98*, Zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a prováděcí vyhlášky. Agrospoj, Praha 1998.
- Bubník Z. a kol.: *Sugar Technologists Manual*, Barten, Berlin 1995.
- Fritzsching B.: *Manuf. Conf.* 75, 65 (1995).
- Raleigh W.: *Manuf. Conf.* 75, 57 (1995).
- Mesters P.: *Manuf. Conf.* 75, 61 (1995).
- Kopchik F. M.: *Manuf. Conf.* 75, 79 (1995).
- Descotes G.: *Carbohydrates as Organic Raw Materials II*, str. 266. Verlag Chemie, Weinheim 1993.
- Olinger P. M.: *Manuf. Conf.* 75, 92 (1995).
- Happel B. L.: *Manuf. Conf.* 75, 96 (1995).
- Anon: *Conf. Produc.* 61, 339, 366 (1995).
- Smith R. E., Finley J. W.: *Manuf. Conf.* 75, 85 (1995).

**J. Čopíková** (*Department of Chemistry and Technology of Saccharides, Institute of Chemical Technology, Prague*): **Substitution of Saccharose and Fats in Chocolate and Non-chocolate Sweets**

The aim of this communication is to show the possibilities of substitution for saccharose and fats in the production of candies and sweets. To this purpose the physicochemical properties of saccharose and fats have been concisely described and the legal possibilities of such substitutions briefly explained. Since the article is mainly intended for sweets producers all substitutions including factual prescriptions are presented.