

## Zlúčeniny vyvolávajúce sladkú chuť. VI. Nesacharózové sacharidy

ALŽBETA KRUTOŠÍKOVÁ—MICHAL UHER—MILAN KOVÁČ

**Súhrn.** V prehľade sa uvádzajú poznatky o nesacharózových sacharidoch, ako sú monosacharidy glukóza a fruktóza, disacharidy laktóza a leukróza, škrobové hydrolyzáty a sacharidové alkoholy. Opisuje sa ich štruktúra, spôsob prípravy, resp. izolácie, vlastnosti, prípadne ich použitie.

Napriek tomu, že existujú viaceré typy sladidiel, v podvedomí spotrebiteľa jediným prirodzeným neškodným sladidlom je zatiaľ cukor, pričom pojem cukor zo všetkých sacharidov zahrnutých do tejto skupiny (mono- a disacharidy) sa zúžil iba na sacharózu. Sacharóza sa stala, pre svoju relatívnu stálosť vo vodných roztokoch, príjemnú sladkú chuť bez príchutí, štandardom čistoty sladkej chuti. Všetky ostatné látky používané na sladenie sa zatiaľ považujú za náhradné sladidlá.

Sladkosť sacharózy sa môže výrazne zvýšiť zavedením halogénu najmä chlór-ového atómu do jej molekuly. Jeden z veľmi sladkých derivátov sacharózy, ktorý má podobný chuťový profil ako sacharóza, je 4,1',6'-trideoxygalaktosacharóza — sukralóza (sucralose) [1—4]. Sukralóza je netoxická, 60-krát stálejšia proti kyslej hydrolýze a 650-krát sladšia ako sacharóza. Väzba chlór—uhlík je stála a neštiepi sa v organizme v priebehu trávenia. Sukralóza sa nemetabolizuje a patrí teda medzi neenergetické sladidlá. Vývoj tohto sladidla podporovali spoločnosti Tate & Lyle (U. K.) a Johnson and Johnson (USA) a v súčasnosti sa očakáva súhlas na jeho používanie od americkej Food and Drug Administration a iných zdravotníckych organizácií [5].

Pri riešení otázky sladidiel nahrádzajúcich sacharózu sa nesmie zabúdať aj na jej ďalšie funkcie vo výrobkoch, ako je jej hmotnosť, konzervačná schopnosť, vplyv na vytváranie textúry, chuti a pod. Náhrada sacharózy neenergetickými

Prof. Ing. Alžbeta Krutošiková, DrSc., Doc. Ing. Michal Uher, CSc., Katedra organickej chémie, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Ing. Milan Kováč, CSc., Výskumný ústav potravinársky, Priemyslová 4, 820 06 Bratislava.

alebo nízkoenergetickými sladidlami vytvára potrebu ďalších zložiek – konzer-  
vačných prostriedkov, plnidiel, rôsolotvorných látok a pod.

Názov „nesacharózové sacharidy“ nezahrnuje sacharózu (repný a trstinový  
cukor).

Z monosacharidov je najdôležitejšia aldohexóza D-glukóza (dextróza). Je  
súčasťou prírodných látok. Najčastejšie sa získava hydrolýzou škrobu alebo  
sacharózy. Glukóza sa využíva najmä v dietetike. Je vhodná ako energetický  
zdroj výživy, detskej výživy, výroby tabletiiek, resp. komprimátov proti únave,  
ako sladidlo pre nealkoholické osviežujúce nápoje, čokoládu a pivo. V lekárskej  
praxi sa používa na výrobu infúzných roztokov a hojivých masť.

D-Fruktóza (levulóza, ovocný cukor) je najdôležitejšou ketohexózou. Nachá-  
dza sa v mede. Je produktom hydrolýzy sacharózy a inulínu. Čistá sa získava  
kryštalizáciou z vody alebo etanolu; je najsladší v prírode sa vyskytujúci sacha-  
rid a jej intenzívna chuť, ako bolo uvedené [6–9], pochádza z  $\beta$ -D-fruktopyran-  
ózovej formy. V kryštalickom stave sa D-fruktóza vyskytuje vo forme  $\beta$ -D-  
fruktopyranózy v  $^2C_5$  konformácii, avšak počas rozpúšťania vo vode nastáva  
rýchla mutarotácia, rezultujúca tvorbu troch, resp. štyroch foriem [6]. Stupeň  
mutarotácie sa môže stanoviť meraním optickej otáčavosti jej vodných roztok-  
kov. Použili sa aj iné metódy na sledovanie tejto závislosti. Kombináciou  
chromatografických metód a NMR spektroskopie sa napr. zistilo, že pri 22 °C  
20% roztok D-fruktózy v  $D_2O$  obsahuje  $\beta$ -D-fruktopyranózu (73 %),  $\alpha$ -D-fruk-  
tofuranózu (6 %) a  $\beta$ -D-fruktofuranózu (21 %).

Teplota (tab. 1), pH a koncentrácia sú najdôležitejšie faktory, ktoré ovplyv-  
ňujú veľkosť pretrvávajúcej sladkosti čerstvo pripravených vodných roztokov  
fruktózy. Z nich najmä teplota má významný vplyv na mutarotačné chovanie  
sa fruktózy v roztokoch a na transformáciu jednej najsladšej formy  $\beta$ -D-fruk-  
topyranózy k rovnovážnemu stavu, v ktorom sú prítomné aj iné formy D-fruk-  
tózy [10].

Z toho vyplýva, že ak chceme využiť maximum sladkosti z daného množstva  
fruktózy, kryštály čistej fruktózy by mali byť konzumované pred tým, ako

Tabuľka 1. Zloženie rovnovážnych roztokov D-fruktózy pri rôznej teplote  
Table 1. Composition of equilibrium solutions of D-fructose at various temperatures

Teplota <sup>1</sup> [°C]	$\alpha$ -D-fruktofuranóza <sup>2</sup> [%]	$\beta$ -D-fruktofuranóza <sup>3</sup> [%]	$\alpha$ -D-fruktopyranóza <sup>4</sup> [%]
20	7	24	69
40	7	31	62
60	9	33	58
80	11	38	51

<sup>1</sup>Temperature, <sup>2</sup> $\alpha$ -D-Fructofuranose, <sup>3</sup> $\beta$ -D-Fructofuranose, <sup>4</sup> $\alpha$ -D-Fructopyranose.

nastane mutarotácia po jej rozpustení. Prakticky strata sladkosti spôsobená posunom rovnováhy k furanózovým formám sa môže minimalizovať použitím chladných roztokov a mierne kyslých podmienok.

Čistá kryštalická D-fruktóza môže byť prakticky efektívne použitá vo všetkých druhoch potravín. Jej prednosť je vysoká rozpustnosť vo vode. Účinne pôsobí ako látka zadržiavajúca vlhkosť. Ďalšou vlastnosťou D-fruktózy je nižšia viskozita roztokov v porovnaní s roztokmi sacharózy a schopnosť umocňovať ovocnú vôňu a chuť.

Komerčné aplikácie zahŕňujú konzervované ovocie, cukrovinky, mrazené dezerty, nealkoholické nápoje, ovocné jogurty, ovocné šľavy, nápoje v prášku, pudिंगové zmesi a tonizujúce nápoje. Potraviny pripravované s D-fruktózou sú označované ako „nízkoenergetické“, pretože ich energetická hodnota je o jednu tretinu nižšia ako pri použití sacharózy. Výhodné sa ukázalo použitie D-fruktózy pri príprave zmesových sladidiel, napr. so sacharínom [11], s aspartámom [10] a inými sladidlami, pričom sa vo viacerých prípadoch prejavuje synergizmus sladkej chuti.

Súčasná svetová kapacita výroby čistej kryštalickej fruktózy pravdepodobne nepresahuje 30 tis. ton ročne. Jej používanie je najrozšírenejšie v USA a je pokryté domácou produkciou. Pred r. 1980 jej hlavným zdrojom boli závody vo Fínsku a SRN. Medzinárodné Fruktózové združenie (International Fructose Association) má sedem členov.

Je pravdepodobné, že s tendenciami konzumovať nutrične vyvážené potraviny, dopyt po fruktóze bude stúpať. Výroba čistej kryštalickej fruktózy je však náročná na energiu, ktorej cena neustále stúpa. Nie je pravdepodobné, že by výrazne poklesli v budúcnosti jej výrobné náklady. Je potrebné si uvedomiť, že čistá kryštalická fruktóza nie je sladidlo pre každú príležitosť a všetky výrobky. Pri tvorbe nového produktu treba s ňou uvažovať nie ako s náhradou iného typu sladidla, ale skôr ako s unikátnym ingredientom, ktorý zvýši hodnotu finálneho produktu [10].

### **Disacharidy iné ako sacharóza Laktóza a laktulóza**

Laktóza (4-O-( $\beta$ -D-galaktopyranozyl)- $\beta$ -D-glukopyranóza)

Laktóza je zložkou mlieka všetkých cicavcov. Sladivosť v porovnaní so sacharózou je asi 0,16. Základným zdrojom je srvátka, z ktorej sa získava buď priamo kryštalizáciou, buď po odstránení bielkovín ultrafiltráciou. V tab. 2 je prehľad zdrojov laktózy v potravinách.

Laktóza nie je vo vode veľmi rozpustná (asi 20 % pri teplote miestnosti), takže pri vyššej koncentrácii sa vytvárajú tvrdé kryštály hydrátu  $\alpha$ -laktózy. Takýto výrobok v ústach vyvoláva pocit ako keby obsahoval piesok.

Málo sladivú laktózu však možno enzýmami laktázou a glukózaizomerázou previesť na sirup s 10% obsahom sušiny (20 % fruktózy, 25 % glukózy, 45 % galaktózy a 1 % laktózy).

Laktózu možno v potravinárstve využiť na viaceré účely, napr. ako nosič syntetických sladkých látok, zlepšuje niektoré kvalitatívne ukazovatele potravinárskych výrobkov, spôsobuje hneďnutie pri teplej úprave v mikrovlnovej peci, zlepšuje akosť mliečnych nápojov. Veľké percento svetovej populácie neznáša laktózu (chýba jej enzým na jej štiepenie).

Tabuľka 2. Prehľad zdrojov laktózy v potravinách [%]

Table 2. Survey of lactose sources in foods [%]

Zložka <sup>1</sup>	Laktóza <sup>2</sup>	Bielkoviny <sup>3</sup>	Tuk <sup>4</sup>	Popol <sup>5</sup>	Vlhkosť <sup>6</sup>
Plnotučné mlieko <sup>7</sup>	4,8	3,5	3,5	0,7	87,4
Odstredené mlieko <sup>8</sup>	5,1	3,6	0,1	0,7	90,5
Sladené kondenzované mlieko <sup>9</sup>	16,3	10,0	0,3	2,3	28,4
Zahustená srvátka <sup>10</sup>	38,5	7,0	2,4	4,0	48,1
Odstredené sušené mlieko <sup>11</sup>	52,0	35,9	0,8	8,0	3,0
Sladká sušená srvátka <sup>12</sup>	73,5	12,9	0,9	8,0	4,5
Sušená kyslá srvátka <sup>13</sup>	66,5	13,0	—	10,2	3,2
Srvátková sušina <sup>14</sup>	56,6	39,0	3,3	2,4	9,7

<sup>1</sup>Component, <sup>2</sup>Lactose, <sup>3</sup>Proteins, <sup>4</sup>Fats, <sup>5</sup>Ash, <sup>6</sup>Moisture, <sup>7</sup>Full-fat milk, <sup>8</sup>Centrifuged milk, <sup>9</sup>Sweet condensed milk, <sup>10</sup>Concentrated whey, <sup>11</sup>Centrifuged dry milk, <sup>12</sup>Sweet dry whey, <sup>13</sup>Sour dry whey, <sup>14</sup>Whey dry matters.

Izomerizáciou laktózy sa získava laktulóza, 4-*O*-( $\beta$ -D-galaktopyranozyl)-D-fruktóza (schéma 1), ktorá je 1,5-krát sladšia ako jej východisková látka. Na katalýzu izomerácie sú vhodné: hydroxid vápenatý [11], alkalické hydroxidy [12, 13], oxid horečnatý [14], aniónaktívne vymieňače iónov a amíny [15]. Laktóza nachádza použitie vo farmaceutickom, potravinárskom a krmovínarskom priemysle.

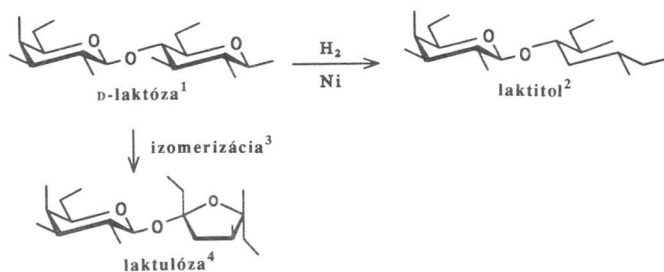


Schéma 1.

Scheme 1. (<sup>1</sup>D-Lactose, <sup>2</sup>Lactitol, <sup>3</sup>Isomerization, <sup>4</sup>Lactulose.)

Palatinóza — 5-*O*- $\alpha$ -D-glukopyranozyl-D-fruktofuranóza (izomultalóza) sa pripravuje pôsobením  $\alpha$ -glukozyltransferázy na sacharózu. Je sladká, nekariogénna, avšak významnejší je jej hydrogenovaný produkt palatinit.

Leukróza (5- $\alpha$ -D-glukopyranozyl- $\beta$ -D-fruktopyranóza) sa skladá z tých istých komponentov (glukóza, fruktóza) ako sacharóza, ale viazaných polohou  $\alpha$ -1,5 [16–19]. V jej štruktúre sú kruhy fruktofuranózovej a glukopyranózovej v  $^2C_5(D)$ , resp.  $^4C_1(D)$  stoličkovej konformácie. Prvýkrát ju pozorovali ako vedľajší produkt syntézy dextránov [16]. Až po rozvoji produkcie enzýmovým spôsobom [20] sa stala leukróza dostupnou v dostatočnom množstve. Senzorické testy ukázali, že sladivosť leukrózy závisí od teploty a koncentrácie a v porovnaní so sacharózou je polovičná. Je nekariogénna a pomerne dobre rozpustná. Podobne ako iné disacharidy, nemá laxatívny účinok, pretože je hydrolyzovaná v tenkom čreve. Má podobný chuťový profil ako sacharóza a bola úspešne odskúšaná v kombinácii s intenzívnymi sladidlami pri výrobe cukríkov, džemov, čokolády a pod. Nie je toxická, zatiaľ nie je zavedená v praxi. Výhľady na jej použitie sú limitované jej cenou a nižšou intenzitou sladkosti v porovnaní so sacharózou. V budúcnosti môže byť úspešne použitá pri výrobe cukríkov, najmä výrobkov pre deti, keďže je pritom vylúčené nebezpečenstvo vyvolania zubného kazu. Jej príjemná sladká chuť zvyšuje vnútornú arómu ovocných preparátov, čo zrejme podporí záujem spotrebiteľov.

Maltóza (4- $\alpha$ -D-glukopyranozyl- $\alpha$ -D-glukopyranóza) je redukujúci disacharid, jej sladkosť je 33 % sacharózy [21]. Kryštalická maltóza sa predáva ako objemové sladidlo [22]. Má podobné fyzikálne vlastnosti ako sacharóza, môže inhibovať retrodegradáciu škrobu a predlžovať skladovateľnosť pečiva. Jej vyššie analógy maltodextríny a tiež škrobové hydrolyzáty sú menej sladké. Používajú sa ako plnidlá, objemové činidlá, absorbenty vody v sušiacich zmesiach.

Maltodextríny je termín používaný pre oligosacharidy tvorené kyslou, resp. kyslo-enzýmovou hydrolýzou v tuhej forme. Maltový sirup a maltový extrakt sú vzájomne sa zamieňajúce pojmy označujúce viskózne koncentráty vodných extraktov jačmenných klíčkov. Maltové produkty majú zvláštnu vôňu a určitý stupeň sladkosti.

Suchý „maltový sirup“ sa používa v zmesi so sacharínom, ale aj inými neenergetickými sladidlami.

Neocukry [21] je názov pre zmes obsahujúcu meniace sa množstvo fruktofuranozylových oligomérov. Mnohé z nich sa vyskytujú v prírode, napr. v zelenine. Produkujú sa pôsobením  $\alpha$ -fruktofuranozidázy z *Aspergillus niger* na sacharózu. Neocukry nie sú toxické a kariogénne [23]. Konzumovanie neocukrov zlepšuje v organizme hladinu črevnej flóry, pôsobí proti zápche, znižuje hladinu krvných lipidov a cholesterolu. Neocukry komerčných názvov Neosugar 6 a Neosugar P sa predávajú v Japonsku ako sirup a používajú sa pri výrobe cukríkov.

## Sladidlá založené na škrobe

Hlavnými konkurentmi sacharózy v niektorých oblastiach použitia v potravinárskom priemysle sú hydrolyzáty škrobu (škrobové sirupy), najmä glukózový a fruktózový sirup. Najprv sa vyrábali zo zemiakového škrobu, v súčasnosti sa využíva najmä kukuričný škrob. Hydrolýza škrobu je relatívne zložitý proces, ktorý sa uskutočňuje kyselinami, enzýmami alebo ich kombináciou. Scukornovanie prebieha cez disacharid maltózu až na monosacharid D-glukózu — dextrózu (základná stavebná jednotka škrobu).

Tak vznikajú výrobky (tab. 3), ktoré sa klasifikujú podľa stupňa scukornatenia, resp. DE (DE — dextrose equivalent), pri ktorom sa vypočítava obsah redukujúcich sacharidov v sušine (tab. 4). Pestrú paletu alternatívnych sladidiel vyrábaných zo škrobu uvádza schéma 2 [24].

Tabuľka 3. Zastúpenie sacharidov v rôznych škrobových sirupoch  
Table 3. Representation of saccharides in various starch syrups

	Nízky stupeň konverzie <sup>1</sup>	Vysoký stupeň konverzie <sup>2</sup>	Maltózový sirup <sup>3</sup>	Veľmi vysoký stupeň konverzie <sup>4</sup>	Fruktózový sirup <sup>5</sup>
Glukóza <sup>6</sup> [%]	16,2	43,3	9,6	92,3	50,4
Fruktóza <sup>7</sup> [%]	—	—	—	—	42,6
Maltóza <sup>8</sup> [%]	10,6	19,6	40,1	3,6	4,1
Stupeň polymerizácie <sup>9</sup> (3 %)	1,4	7,8	15,5	0,8	0,9
Stupeň polymerizácie <sup>9</sup> (4 %)	6,4	3,7	6,8	0,7	0,2
Stupeň polymerizácie <sup>9</sup> (5 %)	6,9	2,6	1,8	0,8	0,2
Vyššie sacharidy <sup>10</sup> [%]	48,5	13,0	26,2	1,8	1,6

<sup>1</sup>Low conversion degree, <sup>2</sup>High conversion degree, <sup>3</sup>Maltose syrup, <sup>4</sup>Very high conversion degree, <sup>5</sup>Fructose syrup, <sup>6</sup>Glucose, <sup>7</sup>Fructose, <sup>8</sup>Maltose, <sup>9</sup>Polymerization degree, <sup>10</sup>Higher saccharides.

Tabuľka 4. Zloženie škrobového sirupu s DE 92  
Table 4. The composition of starch syrup with DE 92

Sušina <sup>1</sup> [%]	7,4 ± 0,5
Monosacharidy (na šušinu) <sup>2</sup> [%]	min. 92
Popol (sirany) <sup>3</sup> [%]	max. 0,05
Ťažké kovy <sup>4</sup> [mg . kg <sup>-1</sup> ]	max. 2,6
SO <sub>2</sub> [mg . kg <sup>-1</sup> ]	3—4
pH (neriedený sirup) <sup>5</sup>	3,5—4,5

DE — stupeň scukornatenia; Dextrose equivalent.

<sup>1</sup>Dry matter, <sup>2</sup>Monosaccharides (to dry matter), <sup>3</sup>Ash (sulphates), <sup>4</sup>Heavy metals, <sup>5</sup>pH (undiluted syrup).

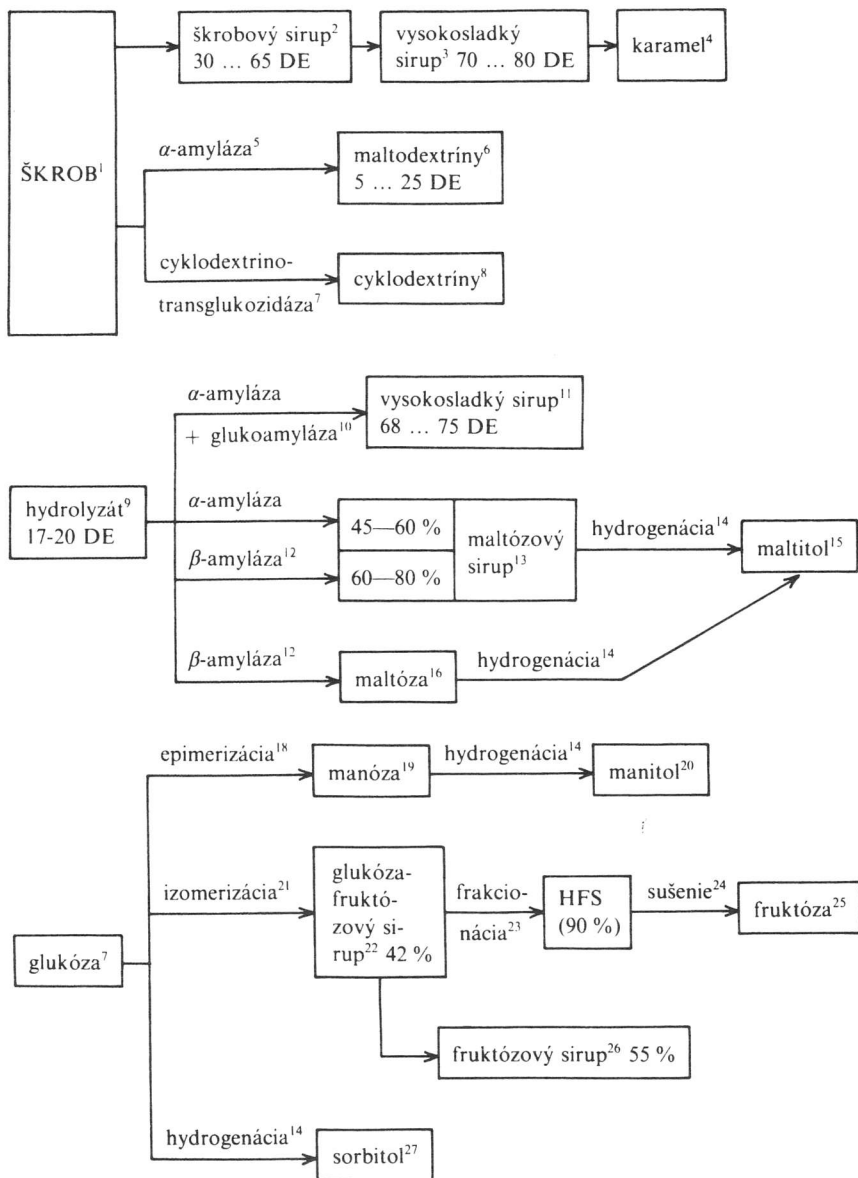


Schéma 2. Alternatívne sladidlá vyrobené zo škrobu.

Scheme 2. Alternative sweeteners produced from starch. (¹STARCH, ²Starch syrup, ³High-sweet syrup, ⁴Caramel, ⁵α-Amylase, ⁶Maltodextrins, ⁷Cyclodextrinotransglucosidase, ⁸Cyclodextrins, ⁹Hydrolysate, ¹⁰Glucoamylase, ¹¹High-sweet syrup, ¹²β-Amylase, ¹³Maltose syrup, ¹⁴Hydrogenation, ¹⁵Maltitol, ¹⁶Maltose, ¹⁷Glucose, ¹⁸Epimerization, ¹⁹Mannose, ²⁰Mannitol, ²¹Isomerization, ²²Glucose-fructose syrup, ²³Fractionation, ²⁴Drying, ²⁵Fructose, ²⁶Fructose syrup, ²⁷Sorbitol.)

Schéma výroby HDS (High-Dextrose Syrup) enzýmovým procesom

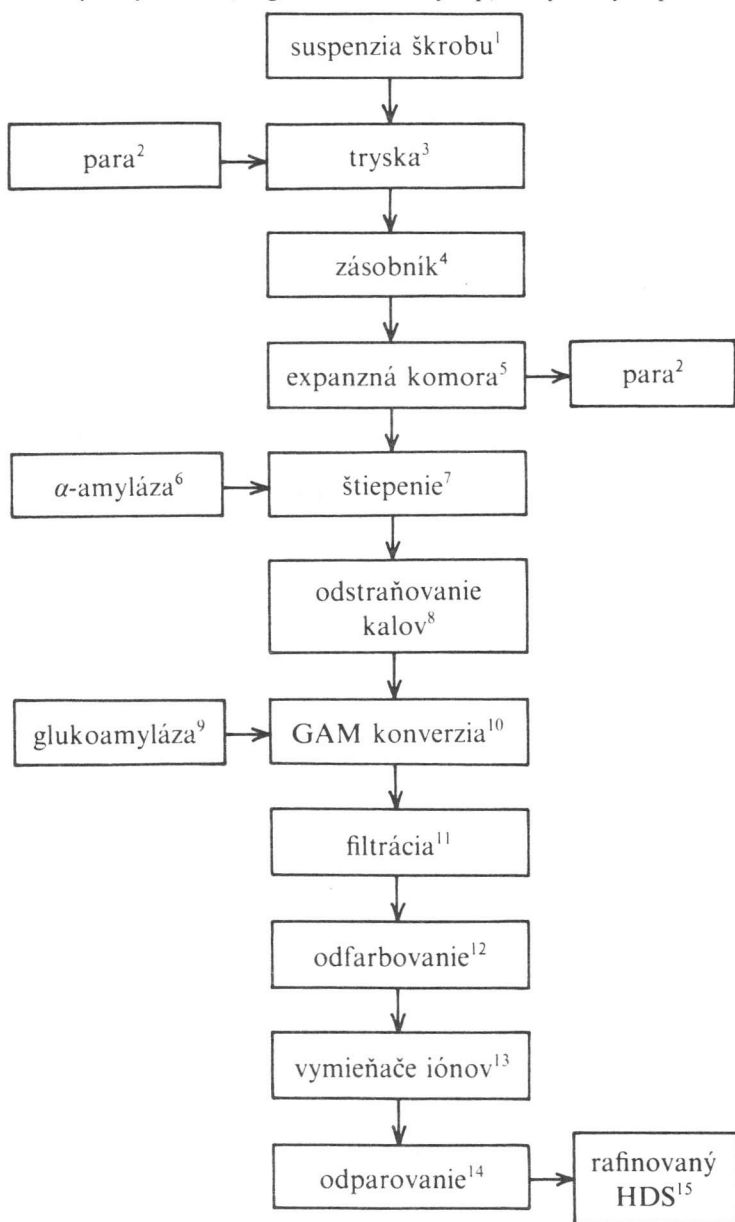


Schéma 3. Schéma výroby HDS (High-Dextrose Syrup) enzýmovým procesom.

Scheme 3. The production scheme of HDS by enzyme process. (<sup>1</sup>Starch suspension, <sup>2</sup>Steam, <sup>3</sup>Nozzle, <sup>4</sup>Supply tank, <sup>5</sup>Expansion chamber, <sup>6</sup> $\alpha$ -Amylase, <sup>7</sup>Cleavage, <sup>8</sup>Sludge removal, <sup>9</sup>Glucoamylase, <sup>10</sup>GAM conversion, <sup>11</sup>Filtration, <sup>12</sup>Discolouration, <sup>13</sup>Ion exchanger, <sup>14</sup>Evaporation, <sup>15</sup>Refined HDS.)

Významný rozvoj výroby medzi nutričnými alternatívnymi sladidlami dosiahol škrobový sirup s vysokým obsahom D-fruktózy, tzv. fruktózový sirup. Vzniká vlastne enzýmovou izomerizáciou dextrózových (D-glukózových) sirupov (schéma 3). Výsledný produkt je podobný invertnému cukru. Zo 70 až 72 % jeho sušiny tvorí D-fruktóza 42 až 45 %; jeho sladivosť je približne na úrovni sacharózy. Fruktózový cukor má početné firemné označenia (Isomeroose, Iso-sweet, Corn Sweet, Meliose, Ameriose, More-Sweet), resp. sa jeho názov skrakuje HFCS (High-Fructose Corn Syrup) alebo HFS (High-Fructose Syrup). V nemeckej literatúre sa vyskytujú názvy Isosirup a Isoglukose [25]. Vývoj technológie fruktózového sirupu použitím imobilizovaného enzýmu sa považuje za jeden z najvýznamnejších úspechov v potravinárstve za posledné obdobie.

Východiskovým technickým produktom pre glukózový (dextrózový) sirup, a tým aj pre fruktózový sirup je škrob, ktorý je v prírode rozšírený ako rezervný polysacharid v rôznych častiach rastlín. Pre priemyselné využitie sú však vhodné iba niektoré plodiny, napr. kukurica, pšenica, zemiaky, ryža, maniok a cirok. Pri rozhodovaní o voľbe suroviny sa hodnotí jej dostupnosť, spotreba, náklady a špecifické vplyvy získaného škrobu na scukornovanie. Pri posudzovaní týchto hľadísk pri porovnávaní kukurice, pšenice a zemiakov v súčasných európskych pomeroch, je najvhodnejšia kukurica.

Podstatou technológie výroby fruktózového sirupu je hydrolýza škrobu kyselinou chlorovodíkovou alebo použitím enzýmov. Amylázou (*Bacillus subtilis*) sa dosiahne scukornatenie 18–22 DE (dextrózový ekvivalent) a ďalšie na DE 97–98 umožní prídavok amyloglukozidázy. Typický enzýmami katalyzovaný proces výroby HDS (High-Dextrose Syrup) je na schéme 3. Škrobová suspenzia sa hydrolyzuje  $\alpha$ -amylázou, ktorá sa pridáva buď na začiatku procesu, buď ako vidieť na schéme 3. Proces pokračuje pridaním glukioamylázy konverziou na glukózu. Čistenie spočíva vo filtrácii, odfarbení sirupu na aktívnom uhlí a vymieňačoch iónov, potom sa zahusťuje.

Napriek tomu, že je známy priamy postup premeny škrobových surovín na glukózový sirup, t. j. bez predchádzajúcej izolácie škrobu, nepoužíva sa na výrobu fruktózového sirupu. Čistenie sirupov získaných priamou hydrolýzou je veľmi nákladné [26–28].

Izomerizácia časti D-glukózy v takto získanom HDS sirupe na D-fruktózu je kľúčovým bodom technológie výroby fruktózového sirupu.

Technické zvládnutie izomerizácie umožnil vývoj imobilizovaného enzýmu glukózaizomerázy. Enzým glukózaizomerázu produkujú rôzne mikroorganizmy: *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, *Pasteurella*, *Leuconostoc*, *Streptomyces*, *Aerobacter* a i. Rôzne, väčšinou intrabunkové enzýmy, nemajú rovnaké vlastnosti. Líšia sa požiadavkami na rastové médium, rôznymi závislosťami od kovových iónov, pH a teploty. Okrem ďalších výhod najvýznamnejšou prednosťou imobilizovaných enzýmov je možnosť ich použitia v kontinuálnych procesoch [29].

Technológia imobilizácie enzýmov používaných pri príprave HFCS je predmetom patentov [30, 31]. Americkí výrobcovia fruktózového sirupu sú väčšinou aj výrobcami glukózaizomerázy pre vlastné použitie. Izomerizácia a frakčný postup výroby HFCS uvádza schéma 4.

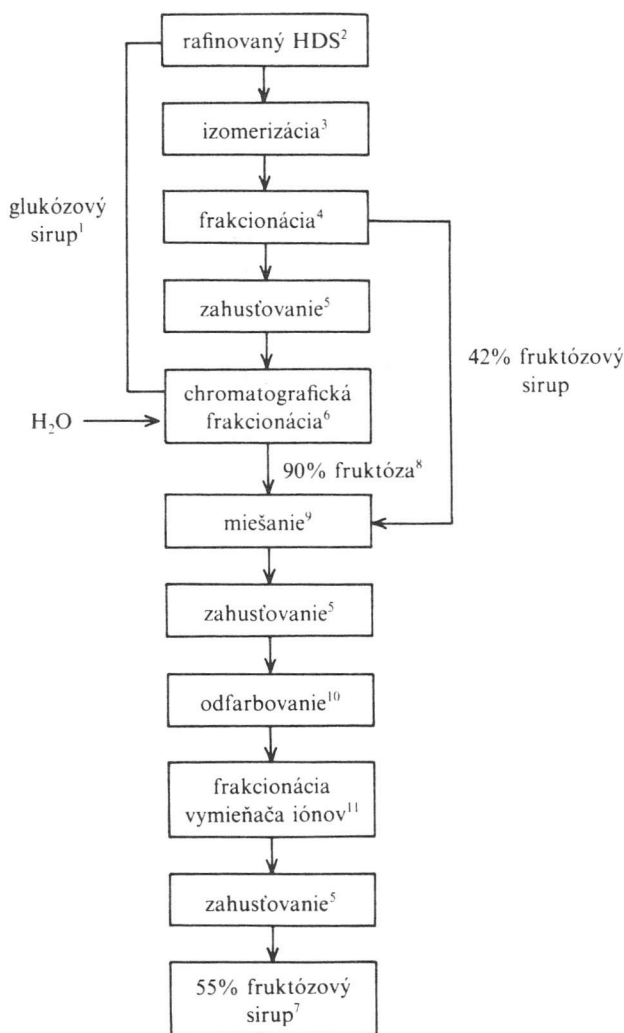


Schéma 4. Schéma výroby HFCS.

Scheme 4. The production scheme of HFCS. (<sup>1</sup>Glucose syrup, <sup>2</sup>Refined HDS, <sup>3</sup>Isomerization, <sup>4</sup>Fractionation, <sup>5</sup>Concentration, <sup>6</sup>Chromatographic fractionation, <sup>7</sup>Fructose syrup, <sup>8</sup>Fructose, <sup>9</sup>Mixing, <sup>10</sup>Discolouration, <sup>11</sup>Ion exchanger.)

Značný pokrok sa v posledných rokoch dosiahol v zlepšovaní kvality a konzistencie HFCS. Zníženie obsahu etanalu, ktorý sa pri výrobe tvorí, je indikátorom tohto zlepšenia. Etanal už pri nízkej koncentrácii ovplyvňuje chuť niektorých kola nápojov [32].

„Prvá generácia“ HFCS obsahovala 42 % D-fruktózy a 50 % D-glukózy a vyrobili ju v USA na komerčnom základe začiatkom sedemdesiatych rokov. Našla široké použitie v pekárenskom a iných odvetviach potravinárskeho priemyslu. Vo výrobe šumivých a nešumivých nápojov HFCS tejto generácie iba čiastočne nahrádzovali sacharózu. V polovici sedemdesiatych rokov sa objavila „druhá generácia“ HFCS, obsahujúca 55 % fruktózy a 40 % D-glukózy. Chuťou a zložením je tento HFCS veľmi blízky invertnému cukru, ktorý sa často používal pri príprave nealkoholických nápojov.

Fruktózové sirupy „druhej generácie“ sa dobre osvedčujú na americkom trhu vo výrobkoch so zníženou energetickou hodnotou. Túto skupinu tzv. „ľahkých potravín“ (light foods) netvoria diétne výrobky, nie je určená pre diabetikov alebo iných chorých. Od ostatných potravín a nápojov sa odlišuje zníženým energetickým obsahom, ktorý sa dosiahne úplnou zmenou receptúry.

Priemyselne sa vyrába tiež sirup obsahujúci 90 % fruktózy. Tento produkt je sladší ako sacharóza a používa sa v nízkoenergetických výrobkoch (mliečne výrobky, kompóty, šalátové nálevy a pod.), v ktorých sa energetický obsah redukuje až o 50 %.

Prednosť použitia HFCS v nápojoch v porovnaní so sacharózou a jej hydrolyzátmi je v tom, že kým sacharidové zloženie HFCS počas skladovania nápojov ostáva konštantné, pri použití sacharózy a jej invertu sa môže meniť, čo má vplyv na kvalitu výrobku.

Jeho rozšírené použitie vyplýva z jeho funkčných vlastností. V pečených výrobkoch zadržiava vlhkosť a reguluje ich tvrdosť, znižuje kryštalizáciu mrazených výrobkov a priaznivo vplyva na textúru cukríkov.

Hlavným cieľom priemyslu HFCS v poslednom období je zvýšiť efektívnosť procesu a vyrábať čistú kryštalickú D-fruktózu. Využívanie moderných deliacich a čistiacich techník a nových enzýmových systémov umožňuje zvyšovať v HFCS obsah D-fruktózy a znižovať jeho cenu. Predpokladá sa, že zlepšením separačnej techniky sa zvýši obsah D-fruktózy až na 98 %, prípadne i vyššie. HFCS sa stal hlavným sladidlom v USA a jeho tendencia nahrádzať sacharózu najmä v oblasti nealkoholických nápojov má stúpajúci trend. Závody na výrobu HFCS sa vybudovali i v Kanade, avšak mnohé vybudované kapacity v krajinách EHS sa nevyužívajú z dôvodov ochrannárskej politiky pestovateľov cukrovej repy. Očakávaný vzrast spotreby čistej kryštalickej D-fruktózy podnieti zvyšovanie výroby HFCS.

## Sacharidové alkoholy (polyoly)

Možnosť náhrady sacharózy objemovými, nízkoenergetickými sladidlami — polyolmi — prehlbila záujem o ich štúdium. Rozsah tejto náhrady je závislý od úspechu aplikácie polyolov v diabetickej diéte, v oblasti výroby nízkoenergetických potravín so zreteľom na ich vplyv na znižovanie výskytu zubného kazu.

Polyoly sú produkty redukcie sacharidov, v ktorých karbonylová skupina je redukovaná na primárnu alebo sekundárnu alkoholovú skupinu. Pôvodný sacharid môže byť mono-, di- alebo vyšší oligosacharid.

Počet sacharidových alkoholov v porovnaní s počtom aldóz a ketóz je menší. Produkty redukcie ketóz sa kryjú s niektorým produktom redukcie aldóz, napr. produktom redukcie D-glukózy a D-fruktózy je D-glucitol (sorbitol).

Keďže pri redukcii ketózy vzniká nové asymetrické centrum, jej výsledkom sú dva polyoly; tak pri redukcii D-fruktózy okrem D-sorbitolu vzniká ešte D-manitol.

Sorbitol je dosť rozšírený v prírode (tab. 5) [33] a bol izolovaný pred viac ako sto rokmi. Je prítomný v organizmoch cicavcov ako metabolit. Manitol získal názov od sladkého výlučku jaseňov, zvaného manna. Podobne ako sorbitol je dosť rozšírený v rastlinnej ríši. Na manitol sú bohaté huby a morské chaluhy.

Tabuľka 5. Výskyt sorbitolu v prírode [33]

Table 5. Natural abundance of sorbitol

Ovocie <sup>1</sup>	Koncentrácia <sup>2</sup> [g . dm <sup>3</sup> ]
Jablká <sup>3</sup>	2,6—9,2
Hrušky <sup>4</sup>	11,0—26,4
Čerešne <sup>5</sup>	14,7—21,3
Višne <sup>6</sup>	13,1—29,8
Slivky <sup>7</sup>	1,8—13,5
Broskyne <sup>8</sup>	0,7—1,2
Bazové bobule <sup>9</sup>	0,17—0,28

<sup>1</sup>Fruits, <sup>2</sup>Concentration, <sup>3</sup>Apples, <sup>4</sup>Pears, <sup>5</sup>Sweet cherries, <sup>6</sup>Sour cherries, <sup>7</sup>Plums, <sup>8</sup>Peach, <sup>9</sup>Elderberry.

Maltitol sa vyrába redukciou maltózy na niklovom katalyzátore, sorbitol z glukózy a manitol z fruktózy a manózy (schéma 5). V poslednom čase sa na výrobu rôznych polyolov prednostne využíva škrob (schéma 6) [34].

Redukciu monosacharidov na sacharidové alkoholy možno uskutočniť pôsobením sodíkového amalgámu [35], kovového vápnika [36], katalyticky na vzácnych kovoch [37]; veľmi dobré výsledky sa získali pri použití hydridu hlinito-sodného [38, 39]. Aj laktóny aldónových kyselín možno redukovať na príslušné alkoholy [40, 41].

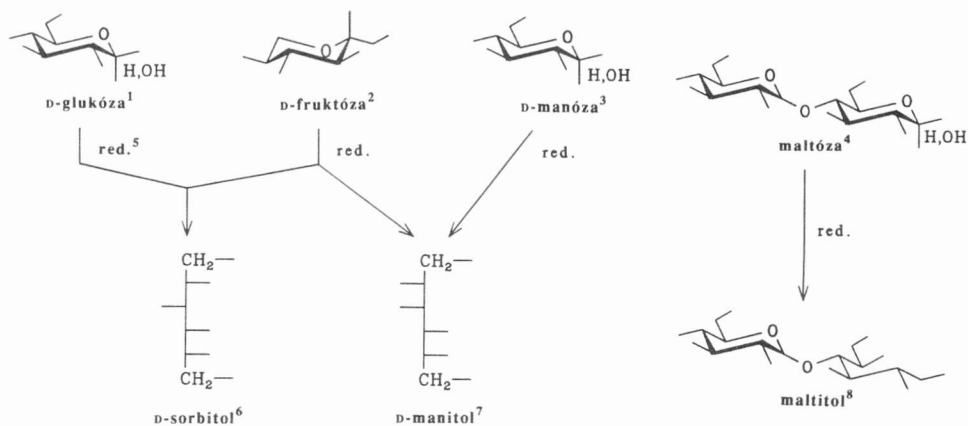
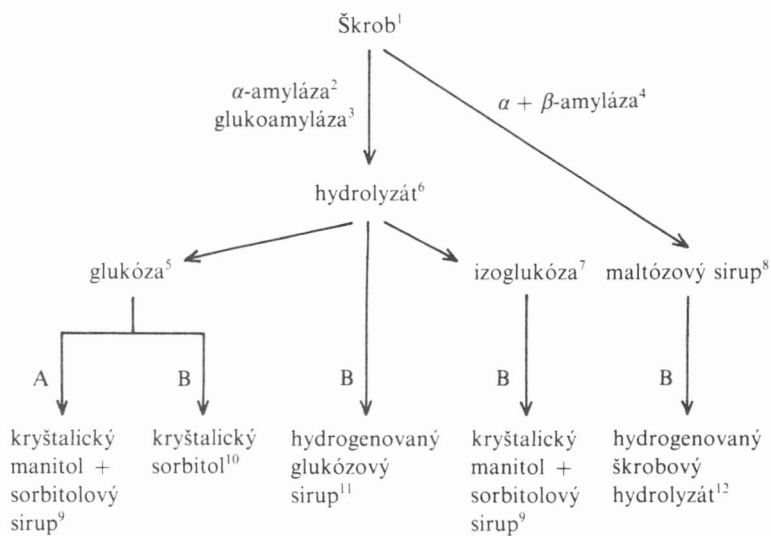


Schéma 5.

Scheme 5. (<sup>1</sup>D-Glucose, <sup>2</sup>D-Fructose, <sup>3</sup>D-Mannose, <sup>4</sup>Maltose, <sup>5</sup>Reduction, <sup>6</sup>D-Sorbitol, <sup>7</sup>D-Mannitol, <sup>8</sup>Maltitol.)



Reakčné podmienky:<sup>13</sup>

A —  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + (\text{H}_2 + \text{Raney Ni})$

B —  $\text{H}_2 + \text{Raney Ni}$

Schéma 6.

Scheme 6. (<sup>1</sup>Starch, <sup>2</sup> $\alpha$ -Amylase, <sup>3</sup>Glucoamylase, <sup>4</sup> $\alpha + \beta$ -Amylase, <sup>5</sup>Dextrose, <sup>6</sup>Hydrolysate, <sup>7</sup>Isoglucose, <sup>8</sup>Maltose syrup, <sup>9</sup>Crystalline manitol + sorbitol syrup, <sup>10</sup>Crystalline sorbitol, <sup>11</sup>Hydrogenated glucose syrup, <sup>12</sup>Hydrogenated starch hydrolysate, <sup>13</sup>Reaction conditions.)

D-sorbitol a D-manitol sa pripravujú hydrogenáciou a izomerizáciou glukózy [42]. Vysokotlakovou hydrogenáciou sacharózy na ruténiovom katalyzátore v prítomnosti kyseliny fosforečnej pri 80 °C vzniká zmes D-sorbitolu (85 – 87 %) a D-manitolu (12 – 15 %). Reakčné podmienky hydrogenácie D-fruktózy na niklovom katalyzátore boli modifikované [43] prítomnosťou opticky aktívnej kyseliny vínnej a kyseliny glutámovej, pričom vznikal D-sorbitol v 66 % výťažku.

Surovinou na výrobu D-manitolu je prednostne invertný cukor. Jeho hydrogenáciou však vzniká zmes sorbitolu a manitolu. Pretože manitol je obmedzene rozpustný vo vode, kryštalizuje v roztoku. Matečný lúh, ktorý obsahuje prednostne sorbitol a manitol sa koncentruje na 70 % sušiny a používa sa na rôzne účely. Ak je cieľom pripraviť prednostne D-manitol, jeho výťažok možno zvýšiť hydrogenáciou v zásaditom prostredí [33].

Škrob sa v poslednom čase používa po predbežnej hydrolýze a následnej hydrogenácii na výrobu hydrogenových škrobových hydrolyzátov (HSH — Hydrogenated Starch Hydrolysates). Podľa požiadaviek môžu takto pripravované HSH mať rôzne zloženie, a tým aj ich sladkosť kolíše medzi 25 – 50 % v porovnaní so sacharózou.

Malbit® je komerčný názov výrobku obsahujúceho < 90 % maltitolu a 5 % maltotriitolu. Modernou verziou hydrogenového škrobového hydrolyzátu je lykazin (Lycasin®), ktorý obsahuje maltitol a aj maltotriitol. Pomerné zastúpenie maltitolu a maltotriitolu uvádza tab. 6.

Tabuľka 6. Zloženie výrobkov obsahujúcich maltitol  
Table 6. The composition of products with maltitol

Zložka <sup>1</sup>	Malbit®		Lycasin® 80/85
	kryštalický <sup>2</sup>	kvapalný <sup>3</sup>	
Glucitol	3,8	1,3	6,7
Maltitol	88,4	79,9	53,8
Maltotriitol	5,6	12,1	16,3

<sup>1</sup>Component, <sup>2</sup>Crystalline, <sup>3</sup>Liquid.

Polyoly majú v porovnaní so sacharidmi značne vyššiu endotermickú hodnotu rozpúšťacieho tepla, čo spôsobuje v ústach chladiaci efekt. Polyoly nepodliehajú Maillardovej reakcii, a proti mikrobiálnemu rozkladu sú odolnejšie ako sacharidy. Sorbitol, maltitol a HSH sú veľmi hyroskopické.

Metabolizmus D-sorbitolu sa dôkladne študoval a vyšlo niekoľko vynikajúcich prehľadov [34, 44 – 46]. Podľa nich sorbitol v systéme cicavcov oxiduje na fruktózu enzýmom dehydrogenáza a potom metabolizuje [45].

Obidva D-manitol a D-sorbitol sa zúčastňujú na spoločnej metabolickej

premene — cestou fruktózy [47]. Zistilo sa, že iba 50 % D-manitolu sa využilo počas trávenia, čo sa odzrkadľuje aj v jeho energetickej hodnote.

Podobne aj energetické využitie maltitolu v organizme je približne 50 %, z toho podstatná časť v hrubom čreve.

Sorbitol sa už dlhý čas používa ako sladidlo pre diabetikov, pretože jeho prijímanie spôsobuje iba veľmi nepatrné zvýšenie koncentrácie sacharidov v krvi [48]. Niektorí zdravotnícki odborníci prejavili určité pochybnosti o vhodnosti sorbitolu pre diabetikov v súvislosti s možnosťou premeny na D-glukózu. Iní autori [49] svojím výskumom tieto obavy vyvrátili a tvrdili, že hyperglykémia po použití sorbitolu diabetikmi je nevýznamná v porovnaní so sacharidmi, resp. s potravinami obsahujúcimi škrob.

Manitol má nepatrný laxatívny účinok a preto je menej vhodný v diabetickej diéte. Maltitol a hydrogenované škrobové hydrolyzáty metabolizujú na glukózu a sorbitol a preto sa neodporúčajú na tento typ použitia.

Sorbitol sa používa pri príprave džemov, želé, pekárenských výrobkov, mrazených dezertov a krémov. Manitol nachádza uplatnenie vo výrobe žuvačiek, mäkkých a tvrdých cukríkov, džemov, želé a v ďalších výrobkoch. Výrobky s vyšším obsahom manitolu musia byť označené, pretože pri vyššej spotrebe môžu mať laxatívny účinok.

Xylitol je päťuhlíkový sacharidový alkohol približne taký sladký ako sacharóza [50]. Nachádza sa v malom množstve v rôznom ovocí a zelenine [51] a tvorí sa v ľudskom organizme ako normálny intermediát v metabolizme glukózy [52]. Ako sladidlo sa používa od r. 1960.

Xylitol prvýkrát syntetizoval a opísal Fischer a kol. [53]. Priemyselne sa pripravuje zo xylánov [54]. Ich zdroje sú: brezové drevo, mandľové a orechové škrupiny, kukuričné šúľky, odpadky papierenského a drevárskeho priemyslu. Jeho výrobný postup spočíva v hydrolýze surovín obsahujúcich xylány, izolácii xylózy, jej hydrogenácii na niklovom katalyzátore a izolácii a čistení získaného xylitolu. Iné postupy [55], ako aj mikrobiálna príprava z glukózy [56] nenadobudli technický význam.

Xylitol je biela kryštalická látka, veľmi dobre rozpustná vo vode a podobne ako iné polyoly, nepodlieha Maillardovej reakcii.

Pre metabolizmus xylitolu sú navrhnuté dva nezávislé postupy: priamy metabolizmus absorbovaného xylitolu v organizme cicavcov [57–59], alebo nepriamy metabolizmus cestou enzýmového odbúrania neabsorbovaného xylitolu črevnou mikroflórou [60, 61]. Xylitol nie je acidogénny, t. j. nepodlieha rozkladu pôsobením mikroorganizmov nachádzajúcich sa v ústnej dutine [62–65]. Sledovaním akútnej toxicity, embryotoxicity, teratogenity, mutagenity a klastrogenity xylitolu sa získali negatívne údaje [66].

Xylitol sa používa najmä ako sladidlo na výrobu nekariogénnych sladkostí (žuvačky, drops, čokoláda a pod.). Menej často v diabetickej diéte, vo farma-

ceutických prípravkoch (tablety, sirupy), v kozmetike (zubné pasty) [67–69]. Ďalej sa používa v lekárstve ako náhrada glukózy v infúzných roztokoch. Pre jeho možný laxatívny účinok je aplikácia vo výrobe nealkoholických nápojov menej rozšírená. Je vhodný ako sladidlo na prípravu kysnutých pekárenských výrobkov [70].

Laktitol je už známy pomerne dlho [11], avšak až neskôr upútal pozornosť svojou sladkou chuťou. Patrí do skupiny polyolov a má viaceré už ich uvedené vhodné vlastnosti.

Štúdie laktitolu sa začali okolo r. 1975 holandskou chemickou firmou „CCH Biochem. b.v.“, ktorá produkuje sorbitol a manitol v spolupráci s „Whey Products Borculo“ — známym producentom laktózy.

Štruktúra laktitolu sa od laktózy odlišuje tým, že v laktitole je D-glukopyrazónový zvyšok redukovaný na D-sorbitol. Tak sa i prakticky laktitol získava (schéma 1). Prvýkrát sa takto získal laktitol vo forme sirupu [71], kryštalický laktitoldihydrát sa získal neskôr [72, 73]. Priemyselný postup výroby laktitolu zahŕňa: hydrogenáciu laktózy pri použití niklového katalyzátora, izoláciu, čistiace pochody (aktívne uhlie, vymieňače iónov a kryštalizáciu [74].

Laktitolhydrát je bezfarebná, stála, nehydroskopická, dobre rozpustná látka s dobrými skladovacími vlastnosťami. Chuť má jemnejšiu ako laktóza, bez pieskovitej príchuti.

Viskozita vodných roztokov laktitolu a sacharózy pri tej istej koncentrácii je rovnaká. Navzájom sa podobajú i v kryštalických schopnostiach.

Zistilo sa, že laktitol nie je metabolizovaný v tenkom čreve. Je veľmi vhodný pre diabetikov [75]. Neovplyvňuje hladinu glukózy v krvi a hodí sa pre diabetikov závislých i nezávislých od inzulínu. Je metabolizovaný v hrubom čreve ako vlákniны a môže sa použiť ako objemové nízkoenergetické sladidlo.

Fyziologické a fyzikálne vlastnosti laktitolu ho predurčujú vhodne nahrádzať sacharózu v rôznych produktoch [75].

Z výrobkov, pri príprave ktorých sa môže použiť laktitol, sú známe pekárenské produkty, čokoláda, tvrdé a mäkké cukríky, žuvačky, džemy a marmelády, zmrzlina a mrazené mliečne krémy.

Palatinit (izomaltitol) (schéma 7) je sladidlo, ktorého charakteristiky sú porovnateľné so sacharózou [76]. Je to opticky aktívny, neredukujúci a sladký preparát. Na rozdiel od sacharózy je obvyčajne stály k enzýmovej hydrolýze, nefermentuje sa veľkým počtom kvasiniek a je odolný proti pôsobeniu iných mikroorganizmov rozšírených v prírode.

Palatinit je zmes dvoch stereoizomérov 6-O-( $\alpha$ -D-glukopyranozyl)-D-sorbitolu (GPS) a 1-O-( $\alpha$ -D-glukopyranozyl)-D-manitolu (GPM). Obidve zložky sú v kryštalickej forme. Jeho príprava sa skladá z dvoch častí (schéma 7) [77]. V prvom stupni prebieha enzýmová transglukozidácia sacharózy na izomaltulózu — palatinózu. V tomto stupni sa enzýmovou konverziou z neredukujúceho

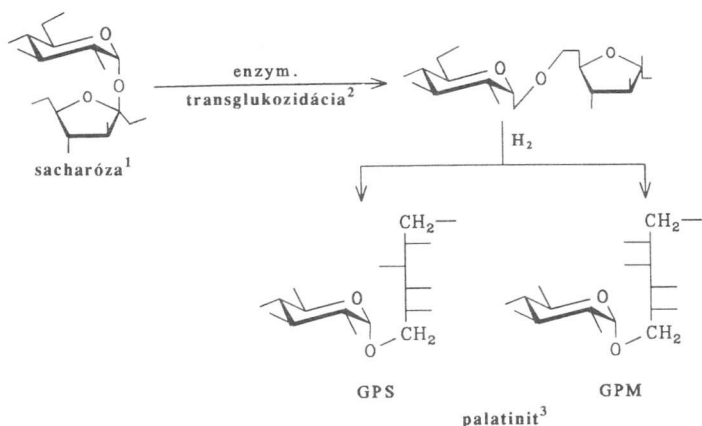


Schéma 7.

Scheme 7. (<sup>1</sup>Saccharose, <sup>2</sup>Enzymatic transglucosidation, <sup>3</sup>Palatinit.)

disacharidu sacharózy získava redukujúci disacharid izomaltulóza v kryštalickej forme, ako monohydrát. Palatinóza nie je toxická, v prírode sa vyskytuje napr. v mede.

V druhom stupni hydrogenáciou izomaltulózy v neutrálnom vodnom roztoku (pH 6–8) vodíkom na Raneyho nikli sa pripraví ekvimolárna zmes GPS a GPM. Vo vodnom prostredí GPS tvorí bezvodné kryštály a GPM kryštalizuje s dvoma molekulami vody. Kryštalický palatinit obsahuje asi 5 % viazanej vody. Dva glukozylhexitoly v palatinite sa líšia konformáciou. Kým GPS má kratšiu a objemnejšiu molekulu, GPM molekula má pretiahnutejší, dlhší tvar [78, 79]. Tieto rozdiely sa odrážajú v spracovaní týchto dvoch molekúl biologickými systémami zahrnujúc disacharidázy [80], vylučovanie obličkami [80], inhibičný efekt na enzýmy [81] a pod. Napriek týmto jemným odlišnostiam sa pri nich neobjavili také rozdielnosti, ktoré by uprednostňovali niektorý z nich na poli praktického použitia. GPM a GPS sú mimoriadne stále zlúčeniny, nereagujú s inými zložkami potravy a nedávajú Maillardovu reakciu. Relatívne vysoká stálosť GPM a GPS v porovnaní so sacharózou vyplýva z vyššej stálosti väzby, ktorou sú  $\alpha$ -D-glukopyranozylový a hexitolový zvyšok spojené. Teoreticky by sa mali GPS a GPM štiepiť  $\alpha$ -D-glukozidázami. Avšak ako sa zistilo [78], rýchlosť ich štiepenia uvedeným enzýmom je  $10^3$ -krát menšia ako maltózy.

Disacharidová väzba GPS a GPM je veľmi stála nielen pri pôsobení enzýmov, ale i kyselín. Palatinit sa môže zúčastňovať na mikrobiálnych procesoch v tom prípade, ak sa GPM a GPS podrobia štiepeniu na ich komponenty (glukózu, manitol a sorbitol). Nie je preto prekvapujúce, že sa palatinit nemôže použiť ako substrát pre väčšinu mikroorganizmov (kvasinky, plesne, baktérie)

vyskytujúcich sa v potravinách. Potraviny a nápoje sladené palatinitom majú vysokú mikrobiálnu stálosť. K ďalším vlastnostiam palatinitu patrí nízka kario-genicita [82, 83] a nízka energetická hodnota [80].

Palatinit sa iba nepatrne absorbuje v organizme. Výsledkom pomalého štiepenia palatinitu je čiastočná absorpcia jeho metabolitov glukózy, manitolu a sorbitolu v tenkom čreve [78]. Početné experimenty na zvieratách a klinické štúdie ukázali skutočnú redukciu energetického využitia palatinitu [76, 80]. Znášanlivosť palatinitu organizmom sa starostlivo sledovala a výsledky sú zahrnuté vo výrobných materiáloch producentov [76]. Hlavné poznatky ukazujú, že relatívna znášanlivosť palatinitu a iných sacharidových alkoholov veľmi závisí od formy produktu, ktorý sa používa. Z tohto pohľadu je črevný systém menej citlivý na tuhé ako na kvapalné potravinové systémy. Testované zvieratá sa adaptujú pomerne rýchlejšie na vysoké dávky palatinitu ako iných sacharidových alkoholov. Jednou z príčin, ako sa zdá, môže byť molekulová hmotnosť a tým nižší osmotický tlak disacharidového polyolu palatinitu v porovnaní s monosacharidovými analógmi. Dlhodobé prijímanie vysokých dávok palatinitu nespôsobilo experimentálnym živočíchom zvýšené hnačky, vetry alebo metabolické poruchy. Palatinit v porovnaní s dávkami iných známejších polyolov dobre znášali aj citliví jedinci.

Relatívna sladkosť palatinitu je 0,45–0,65 v závislosti od koncentrácie produktu. Synergický efekt sa prejaví, ak sa palatinit mieša s inými polyolmi. Pri jeho miešaní s intenzívnymi sladidlami maskuje ich horkú príchuť natoľko, že konzument nie je vždy schopný na základe sladkosti diferencovať produkty sladené palatinitom a sacharózou.

Možnosti aplikácie [76] sa sledovali pri cukríkoch, čokoláde, marcipáne, žuvačkách, zmrzline, želé, džemoch a ovocných výrobkoch, pekárenských výrobkoch, pudingoch, dezertoch a osviežujúcich nápojoch.

## Záver

Hoci vedomosti o polyoloch a ich uplatnení ako sladidiel sú bohaté a sú predmetom stoviek pôvodných publikácií a desiatok súborných prác, nie sú úplne vyriešené všetky problémy okolo ich používania.

Problémom ostáva poznanie efektu ich pôsobenia na ľudský organizmus počas dlhodobého používania. Zistila sa totiž averzia organizmu niektorých jedincov, ktorí mali chronické poruchy zažívacieho traktu po dlhodobom používaní sladidiel založených na polyoloch.

Zdá sa, že schopnosť znášať niektorý typ sladidiel je založená na individuálnych schopnostiach ľudského organizmu. Sú i zdravé typy jedincov, ktorých organizmus nie je schopný sa adaptovať na príjem každého typu sladidla.

Z toho vyplýva, že priestor zaoberať sa vývojom nových typov sladidiel s jemnými odlišnosťami v ich vlastnostiach, je pre výskumníkov naďalej otvorený.

V budúcom vývoji v oblasti polyolov a iných objemových sladidiel sa očakáva, že sa bude venovať menšia pozornosť modifikovaným monomérnym látkam ako modifikáciám glykozidickej väzby (druhá generácia náhrad sacharózy). Snaha nájsť univerzálne sladidlo vhodné pre každého jedinca ľudskej populácie, sa už dávno rozplynula.

## Literatúra

1. HOUGH, L.—PHADNIS, S. P.—KHAN, R.—JENNER, M. R.: Br. 1543167 (1979).
2. HOUGH, L.—KHAN, R., In: Progress in Sweeteners. T. H. Grenby (Ed.). London, Elsevier Appl. Sci. 1989, s. 92.
3. JENNER, M. R.—BAGLEY, L.—HEATH, M., Food. Int., 1989, s. 273.
4. QUINLAN, M. E.—JENNER, M. R., J. Food Sci., 55, 1990, s. 244.
5. HOUGH, L., Zuckerindustrie, 115, 1990, s. 655.
6. SHALLENBERGER, R. S., Pure Appl. Chem., 50, 1978, s. 1409.
7. SHALLENBERGER, R. S., Zuckerindustrie, 104, 1979, s. 121.
8. LINDLEY, M. C.—BIRCH, G. G., J. Sci. Food Agric., 26, 1975, s. 117.
9. MARTIN, O. R.—TOMOLA, S. K.—SZAREK, W. A., Can. J. Chem., 60, 1982, s. 1857.
10. OSBERGER, T. F., In: Alternative Sweeteners. O'Brien Nabors, L.—Gerald, R. S. (Eds). New York, Marcel Dekker Inc. 1986, s. 245—275.
11. MONTGOMERY, E. M.—HUDSON, C. S., J. Am. Chem. Soc., 52, 1930, s. 2101.
12. GATSCHE, L.—HAENEL, H., Ernährungsforschung, 12, 1967, s. 641.
13. U. S. 3816174 (1974); Chem. Abstr., 80 (1974) 84755.
14. Span. 397810 (1974); Chem. Abstr., 81, (1974) 1166411.
15. U. S. 3514327 (1970); Chem. Abstr., 73 (1970) 45791.
16. STODOLA, F. H.—KOEPESELL, H. L.—SHARPE, E. S., J. Am. Chem. Soc., 74, 1952, s. 3202.
17. STODOLA, F. H.—KOEPESELL, H. L.—SHARPE, E. S., J. Am. Chem. Soc., 78, 1956, s. 2514.
18. THIEM, J.—KLEEBOEG, M.—KLASKA, K. H., Carbohydr. Res., 189, 1989, s. 65.
19. SCHWENGERS, D., In: Carbohydrates as Organic Raw Materials. Lichtenthaler, F. W. (Ed.). Weinheim, Verlag Chemie 1991, s. 183.
20. Eur. 185302 (1985); Chem. Abstr., 105 (1986) 77815.
21. CLARKE, M. A., In: Handbook of Sweeteners. Marie, S.—Piggott, J. R. (Eds). New York, Van Nostrand Reinhold 1991, s. 63.
22. JOHNSON, J. C.: Specialized Sugars for the Food Industry. New York, Noyes Data Corp. 1974, s. 40.
23. FISHBEIN, L.—KAPLAN, M.—GOUGH, M., Ver. Hum. Toxicol., 30, 1988, s. 104.
24. SLOMINSKA, L.—MACZYNSKI, M., Przem. Spozyw., 37, 1983, s. 366.
25. BUJAKE, J., in ref. [10], s. 277.
26. SCHWENGERS, D., Zuckerindustrie, 29, 1976, s. 614.
27. KROYER, K., Stärke, 24, 1966, s. 311.

28. TEGGE, G.—SEILER, K., *Stärke*, 24, 1972, s. 28.
29. TEGGE, G., *Z. Lebensm.-Technol.*, 27, 1976, s. 265.
30. U.S. 3649134 (1972), *Chem. Abstr.*, 76, (1972) 156241.
31. U.S. 3788945 (1974), *Chem. Abstr.*, 80, (1974) 1154811.
32. MORRIS, C., *Food Eng.*, 1984, s. 78.
33. DWIVEDI, B. S., in ref. [10], s. 165.
34. SICARD, P. J., In: *Nutritive Sweeteners*. Birch, G. G.—Parker, K. G. (Eds). London, Applied Science Publ. 1982, s. 145.
35. ISBELL, H. S.—KARABINOS, J. W., *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, 48, 1952, s. 438.
36. NEUBERG, C.—MARX, F., *Biochem. Z.*, 3, 1907, s. 539.
37. HUMOLLER, F. L.—WOLFROM, M. L.—LEW, B. W.—GOEPP, R. M., *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, s. 1226.
38. BALLOU, G. E., *J. Am. Chem. Soc.*, 79, 1957, s. 165.
39. ROSEMAN, S., *J. Am. Chem. Soc.*, 74, 1952, s. 4467.
40. ABDEL-AKKER, M.—SMITH, F., *Nature*, 166, 1950, s. 1037.
41. NESS, R. S.—FLETCHER, H. C.—HUDSON, C. S., *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 1951, s. 4759.
42. WRIGHT, L. W., *Chem. Technol.*, 4, 1974, s. 42.
43. VERKLSLER, M. A.—PETROV, Ju. L.—GELING, N. G.—KLABUNOVSKIJ, E. Z., *Izv. Akad. Nauk USSR, Ser. Chim.*, 1974, s. 53.
44. BRUNZELL, J. D., *Diabetes Care*, 65, 1957, s. 554.
45. DWIVEDI, B. K., In: *Carbohydrates and Health*. Hood, L. R.—WARDROP, E. K.—Bolenback, G. N. (Eds). Westport, Conn., AVI Publishing Co. 1977, s. 27.
46. DWIVEDI, B. K., In: *Low Calorie and Special Dietary Foods*. Dwivedi, B. K. (Ed.). West Palm Beach, CRC Press 1978, s. 1.
47. IBER, F. L.—NASRALLAH, S. M., *Am. J. Med. Sci.*, 258, 1969, s. 80.
48. AKGUN, K. H.—ERTEL, N. H., *Diabetes Care*, 3, 1980, s. 583.
49. FORSTER, H.—MEHNERT, H., *Akt. Ernährung*, 5, 1979, s. 245.
50. HYVDENEN, L.—KURKELA, R.—LOVISTOINEN, P.—MERIMAA, O., *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 10, 1977, s. 316.
51. MAEKINEN, K. K.—SOEDERLING, E., *J. Food Sci.*, 45, 1980, s. 367.
52. TOUSTER, O., In: *Sugar in Nutrition*. Sipple, H. L.—McNutt, K. W. (Eds). New York, Academic Press 1974, s. 229—239.
53. FISCHER, E.—STAHEL, R., *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 24, 1891, s. 528.
54. AMINOFF, C.—VANNINEN, E.—DOTY, T. E., In: *Xylitol*. Counsell, J. N. (Ed.). London, Applied Science Publ. 1978, s. 1—9.
55. HOLLAND, D.—STODDARD, J. F., *Tetrahedron Lett.*, 23, 1982, s. 5367.
56. ONISHI, H.—SUZUKI, T., *Appl. Microbiol.*, 15, 1969, s. 10131.
57. FRATZKE, A. R.—REILLY, P. J., *Proc. Biochem.*, 12 (7), 1977, s. 27.
58. DEMETRAKOPOULOS, G. E.—AMOS, H., *World Rev. Nutr. Diet.*, 32, 1978, s. 96.
59. BAESSLER, K. H., *Pharmacol. Ther. Dent.*, 3, 1978, s. 85.
60. DEMIGNE, C.—REMESY, C.—RAYSSIGUIER, Y., *Reprod. Nutr. Devel.*, 20, 1980, 1351.
61. REMESY, C.—DEMIGNE, C., *Ann. Nutr. Metab.*, 27, 1983, s. 57.
62. HAYES, M. L.—ROBERTS, K. R., *Arch. Oral Biol.*, 23, 1978, s. 445.
63. PLATT, D.—WERRIN, S. R., *J. Dent. Res.*, 58, 1979, s. 1733.
64. EDWARDSSON, S.—BIRKHED, D.—MEJARE, B., *Acta Odont. Scand.*, 35, 1977, s. 257.
65. GALLAGHER, J. H. C.—FUSSEL, S. J., *Arch. Oral Biol.*, 24, 1979, s. 673.
66. WHD/FAO 22nd Report on the Joint Expert Committee on Food Additives Geneva 1978, WHO Technical Report Series No. 631, s. 29—31.
67. EMODI, A., *Food Technol.*, 32, 1978, s. 28.

68. VOIROL, F. A., In: Sugar: Science and Technology, Birch, G. G.—Parker, K. J. (Eds). London, Applied Science Publ. 1979, s. 324—343.
69. VOIROL, F. A., In: Carbohydrate Sweeteners in Foods and Nutrition. Koivistoinen, P.—Hyvönen, L. (Eds). London, Academic Press 1980, s. 269—285.
70. VARD, P.—WESTERMACK, J.—ROSENDALL, C.—HYVÖENEN, L.—KOIVISTOINEN, P., *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 12, 1979, s. 153.
71. IPATIEW, W., *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 45, 1912, s. 3218.
72. SENDERENS, J. B., *Compt. Rend.*, 170, 1920, s. 47.
73. WOLFROM, M. L.—HANN, R. M.—HUDSON, C. S., *J. Am. Chem. Soc.*, 74, 1952, s. 1105.
74. WAN VELTHUYSEN, J. A., *J. Agric. Food Chem.*, 27, 1979, s. 680.
75. BODY, C. J., *Bull. Int. Dairy Fed.*, 212, 1987, s. 62.
76. STRATER, P. J., in ref. [10], s. 217—244.
77. SCHIWECK, H., *Alimenta*, 19, 1980, s. 5.
78. LINDER, H. J.—LICHTENTHALER, F. W., *Carbohydr. Res.*, 93, 1981, s. 135.
79. LICHTENTHALER, F. W.—LINDER, H. J., *Liebigs Ann. Chem.*, 1981, s. 2374.
80. GRUPP, U.—SIBEERT, G., *Res. Exp. Med. (Berl.)*, 173, 1978, s. 261.
81. ZIESENITZ, S. C., *Z. Ernährungswiss.*, 25, 1986, s. 253.
82. KARLE, E. J.—GEHRING, F., *Dtsch. Zahnärztl. Z.*, 34, 1979, s. 551.
83. KARLE, E. J.—GEHRING, F., *Dtsch. Zahnärztl. Z.*, 36, 1981, s. 673.

Do redakcie došlo 19. 8. 1992

## **Compounds developing sweet taste. VI. Non-sucrose saccharides**

### **Summary**

The survey brings out knowledge about non-sucrose saccharides like monosaccharides — glucose, fructose, disaccharides — lactose, leucrose, starch hydrolysates and saccharide alcohols. Their structure, the way of preparation or isolation, characteristics and application are described.

## **Соединения вызывающие сладкий вкус. VI. Несахарозные сахараиды**

### **Резюме**

В обзоре даются знания о несахарозных сахараидох, таких как моносахаридаы — глюкоз и фруктоз, дисахаридаы — лактоз и леукроз, крахмальные гидролизаты и сахараидовые алькогoлы. Описывается их структура, метод подготовки или изоляции, свойства и их использование.