

Technologické aspekty výroby sirupu z cukrovky pro potravinářský průmysl

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF A SUGAR-BEET SYRUP PRODUCTION FOR FOOD INDUSTRY

Weronika Konka, Jan Grabka – Politechnika Łódzka, Polsko

Cukry, známé též pod pojmem sacharidy, se vyskytují v ovoce, medu (fruktosa), mléku (laktosa) a obilných zrnech (maltosa). Sacharosa, obsažená v cukrovce, je průmyslově získávána jako bílý krystalický cukr. Na trhu existuje již téměř 200 let jako významné sladidlo. Přidává se do různých potravinářských výrobků či při přípravě pokrmů k zlepšení chuti, textury nebo k prodloužení trvanlivosti. V Polsku se řepný cukr jako finální výrobek označuje „potravinářský cukr“. Jde většinou o bílý cukr, rafinovaný cukr či moučkový cukr. Cukr může být také obohacován přídatnými látkami, takže vznikne vanilkový či vanilinový cukr a další druhy cukru s různými aromatickými látkami a barvivy (10). V Polsku jsou povolena na trhu kromě bílého cukru další sladidla. Ta jsou vymezena aktualizovanou směrnici ministra zdravotnictví z 27. 12. 2000, která obsahuje seznam povolených potravin či chemických látek a kontaminantů, které mohou být obsaženy v potravinách a lécích (6), tato směrnice je v souladu s ustanoveními Evropské unie. Sladidla jsou takové látky, které jsou přidávány do potravin s cílem dosažení specifické sladké chuti. Tyto látky mohou být rozděleny do dvou hlavních skupin:

- přírodní sladidla,
- syntetická (umělá) sladidla.

Chuť syntetických sladidel je obdobná nebo identická přírodním materiálům. Tyto látky zahrnují kombinace chemických sloučenin, nezařazených mezi sacharidy, ale majících podobný charakter s výjimkou jejich energetické hodnoty. Chemická struktura přírodních sladidel je rozdílná. Zahrnují i polyoly jako xylitol (E 967), mannitol (E 421), sorbitol (E 420) a další (1)*. Alternativou k cukru v krystalické formě se staly tekuté cukry. Jsou získávány z řepného nebo třtinového cukru rozpouštěním (11). V roce 1995 vyvinul polský Výzkumný ústav cukrovarnický technologii dvou druhů cukrů, které se do té doby v Polsku nevyráběly: invertní cukr a cukerný sirup. Byly realizovány laboratorní zkoušky studující vliv koncentrace kyseliny, pH, teploty a dávky invertasy při hydrolytickém procesu. Na základě těchto výsledků byla vyvinuta technologie tekutého invertního cukru vyrobeného z bílého cukru s využitím stávajícího technologického vybavení. Mimo to byl zpracován návrh předpisu, obsahujícího požadavky ke standardizaci tekutých cukrů a invertovaných tekutých cukrů včetně fyzikálně-chemických zkušebních metod pro tyto produkty (15). V současné době jsou nabízeny společně s krystalovým a moučkovým cukrem tyto produkty:

- Invertní cukr (hustý sirup) – směs stejného podílu glukosy a fruktosy vytvořená hydrolyzou sacharosy (inverzí), „slaměná“

* Pozn. překladatele: v české legislativě jsou za přírodní sladidla považovány pouze monosacharidy a disacharidy, ostatní sladidla včetně polyolů jsou zařazena do tzv. náhradních sladidel.

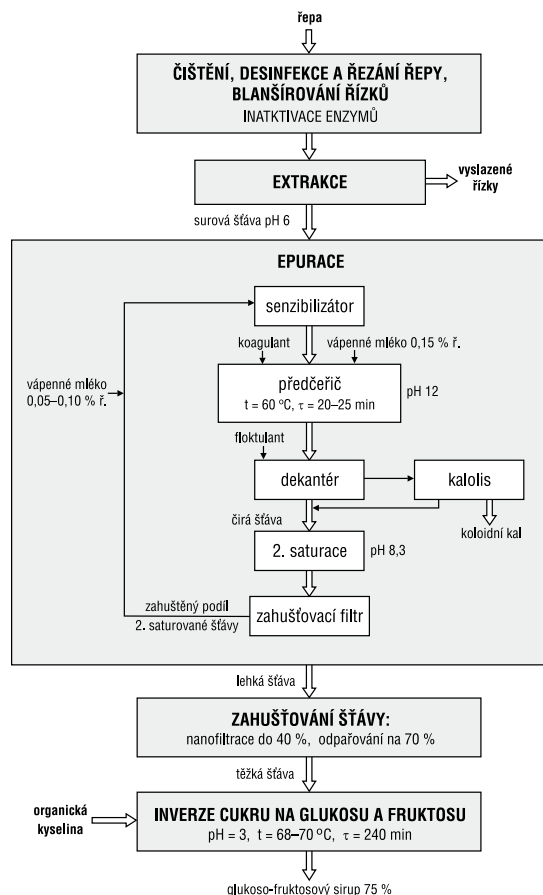
barvy a sladké chuti, dobře mísitelný s vodou. Sirup je podroben pasteraci, aby nebyl sekundárním zdrojem mikrobiální infekce. Koncentrace roztoku je 68–75 %. Běžný invertní cukr s dosaženou 50% inverzí obsahuje asi 28 % vody a 72 % sušiny, z toho 36 % je sacharosa, 18 % glukosa a 18 % fruktosa.

- Cukerný sirup (tekutý cukr) o koncentraci 62–68 %, se získává rozpouštěním bílého cukru ve vodě. Jde o zcela přírodní produkt, bez konzervantů. Při dlouhodobém skladování nekystalizuje.

Diskuse technologického schématu

Náhražky cukru (přírodní a umělá sladidla) jsou získávány kombinací různých chemických sloučenin, nebo využitím metod enzymatické hydrolyzy škrobu k výrobě glukózo-fruktózových sirupů. Zpracování řepné šťávy je možno zastavit již ve stádiu

Obr. 1. Schéma výroby glukózo-fruktózového sirupu z řepy



Tab. I. Výsledky rozborů lehké šťávy po epuraci klasickým postupem

Č. dekády	Surová šťáva				Lehká šťáva					
	pH	sušina (%)	čistota (%)	invertní cukr (%)	sušina (%)	čistota (%)	tvrdost (mg CaO.100 g ⁻¹ suš.)	Barva IU	invertní cukr (%)	epurační efekt (%)
1	6,0	15,2	90,1	0,070	15,4	94,2	51	1 304	0,024	44,1
2	5,8	15,5	90,3	0,110	16,6	95,2	97	1 489	0,008	52,7
3	5,5	15,2	90,8	0,054	16,6	94,6	104	1 698	0,012	43,5
4	5,9	14,0	91,8	0,177	16,0	93,1	130	1 455	0,013	17,5
5	6,1	14,8	92,2	0,047	17,5	94,6	131	1 722	0,009	31,9
6	5,9	15,2	90,8	0,170	16,0	93,8	52	1 025	0,012	34,3
Průměr	5,7	15,0	91,0	0,105	16,3	94,25	94	1 449	0,013	37,3

Tab. II. Výsledky rozborů lehké šťávy po epuraci s aktivovaným kalem při 60 °C a separaci kalu po předčeření

Č. dekády	Surová šťáva				Lehká šťáva					
	pH	sušina (%)	čistota (%)	invertní cukr (%)	sušina (%)	čistota (%)	tvrdost (mg CaO.100 g ⁻¹ suš.)	Barva IU	invertní cukr (%)	epurační efekt (%)
1	6,1	15,0	90,7	0,070	16,7	94,0	44	985	0,010	38,1
2	5,8	14,9	90,6	0,050	16,0	95,0	43	962	0,012	49,2
3	5,9	15,5	90,3	0,051	15,5	94,8	40	899	0,009	49,2
4	5,6	15,1	90,7	0,061	15,1	94,0	65	1 048	0,014	38,0
5	5,1	15,9	90,6	0,084	16,9	95,3	62	1 278	0,008	52,3
6	5,9	15,9	89,3	0,160	16,6	95,2	51	959	0,020	57,7
Průměr	5,7	15,4	90,4	0,079	16,1	94,7	50	1 021	0,012	47,4

zahuštění surové šťávy, což vytváří alternativu k sirupu vyrobeného z bílého cukru. Článek prezentuje technologické schéma výroby cukerného řepného sirupu (obr. 1.). Extrakčnímu procesu by mělo předcházet praní, čištění a řezání řepy. Bylo prověřováno různé informace, jak extrahovat cukr, aby se zaměřilo inverzi působením enzymů, které jsou přítomny v cukrové řepě. Mohou způsobovat nepříznivé efekty jako inverzi cukru a tmavnutí cukerných šťáv. Hydrolyza sacharosu na glukosu a fruktosu je katalyzována enzymem glykosid-hydrolasou obecně známou jako invertasa (3, 13). Tento enzym odštěpuje zbytek β-D-fruktofuranosy z molekul obsahujících β-D-fruktofuranosidasu. Vzniklé redukovací cukry mají podstatný vliv na barvu a termostabilitu lehké šťávy a na filtrační vlastnosti šťávy při epuraci (3, 12, 14). Ve zdravé a zralé tkáni cukrovky se vyskytují malá množství endogenní invertasy, ale aktivnější enzym může být objeven v nezralých nebo vyschlých bulvách. Mechanické či biochemické poškození řepné tkáně zvyšuje koncentraci invertasy, zvláště po zmrznutí (3). Zdrojem významných množství exogenní invertasy jsou mikroby žijící v půdě, která je v kontaktu s cukrovkou. Baktericidní prostředky na invertasu nepůsobí (3). Je velmi důležité, zabránit výskytu invertasy v tomto prvním stádiu výroby. pH buněčné šťávy zdravé řepy kolísá v rozmezí 5,9–6,2. Za těchto podmínek je vláknina řepy stabilní, nepeptizuje a sacharosa v živých buňkách neinvertuje. Proto je důležité, aby extrakce probíhala při hodnotách pH blízkých pH buněčné

šťávy. Při těchto podmínkách je rozklad sacharosu v extraktoru nepatrný (12). Dalším důležitým enzymem v biochemii cukru je difenol-oxidasa (3, 13, 14). Její úlohou je oxidace fenolových sloučenin obsažených v cukrovce a surové šťávě. Lze pozorovat, že tmavnutí řízků má vliv na barvu šťávy (3). Na aktivitu enzymů je možné působit dvěma způsoby. Jednak změnou struktury proteinového enzymu eliminací vodíkových můstků, iontových vazeb, či disulfidových vazeb (7), která způsobí ztrátu původních vlastností, a to jak biologických, chemických či fyzikálních – denaturaci. Jinou možností je využití inhibitorů, které působí na specifickou část molekuly enzymu, blokováním složky takového enzymu, koenzymu či složky účastnící se chemické reakce. Na základě výše uvedených poznatků logickým a racionálním preventivním ošetřením v technologii je extrakce blanširovaných řízků. Jde o tepelný proces (teplota asi 90–105 °C, doba 1–2 min), při kterém řízky procházejí vodní párou k zamezení oxidace sloučenin za současného odstranění kyslíku z mezibuněčného prostoru. Mimo to dochází k likvidaci mikrobů z povrchu materiálu, čištění a k získání jiných organoleptických vlastností (konkrétně k odstranění nepříjemného zápachu a ke změně chuťových vlastností) (2). Zahřáté řízky jsou směřovány do extraktoru, kde nastává extrakce cukru z řepných buněk do šťávy. Do surové šťávy přecházejí kromě sacharosu i škodlivé sloučeniny (necukry). Charakteristickou vlastností těchto necukrů je to, že ztěžují krystalizaci a snižují kvalitu bílého cukru. (12). Do

těchto sloučenin se řadí: invert, proteiny, aminokyseliny, pektinové látky, dextran a levan, kyselina mléčná, kyselina octová a etanol (3). Surová šťáva je následně podrobena epuraci. Na konečný výsledek tohoto procesu mají hlavní vliv především dva faktory: jednak množství a chemické složení necukrů v surové šťávě a dále zvolená epurační metoda. Autoři navrhují jinou metodu, než je klasická. Surová šťáva prochází senzibilizátorem, kde dojde ke zvýšení pH z 6 na 9 přidávkem zahuštěného podílu 2. saturované šťávy, aktivované vápenným mlékem 0,05–0,10 % ř.

Poté je vedena do předčeříče, dekantéru a do nádoby 2. saturace, na závěr prochází zahušťovacími filtry. Rozdíl mezi navrženým a klasickým postupem epurace spočívá:

- v použití koagulantů a flokulantů k předčeřené koloidní sraženině, aby bylo dosaženo dobrých sedimentačních vlastností,
- ve vynechání dočeření, 1. saturace a filtrace po 1. saturaci,
- ve snížení spotřeby vápna z 1,5 % ř. na asi 0,20–0,25 % ř.

Výhody popsané metody jsou: dobrý epurační efekt a odstranění pachových látek, které jsou charakteristické pro cukrovou řepu (9). V navrženém schématu je zahrnuta sedimentace a filtrace, podobně jako při klasické epuraci. Je tak zajištěno oddělení sraženiny, zákalu a mikroorganismů obsažených v surové šťávě s využitím vhodně seřízených filtračních vložek. Získaná lehká šťáva jde na koncentrační stanici, kde je zahušťována ve dvou krocích – nanofiltrací na sacharizaci 40 % a odpařováním na sušinu 70 %. Vystupující těžká šťáva je podrobena poslednímu, velmi důležitému procesu, inverzi sacharosy na glukosu a fruktosu. Má velký význam, neboť její úspěšnost určuje chuťové a pachové vlastnosti finálního produktu – cukerného sirupu z řepy.

Vlastní výzkum

Testy byly prováděny v laboratorním měřítku v cukrovaru a zahrnovaly:

- analýzu lehké šťávy po zpracování postupem s koagulanty, flokulanty a s aktivovaným kalem při 60 °C a separaci kalu po předčeření,
- analýzu množství invertu v těžké šťávě a organoleptické zhodnocení provedené po inverzi.

První část výzkumu se týkala lehké šťávy a určuje její parametry: refraktometrickou sušinu, čistotu, barvu, obsah invertního cukru, epurační efekt a usazování separovaného kalu. Vzorek lehké šťávy byl získán epurací s využitím koagulantů, flokulantů a aktivovaného kalu a byl porovnáván s lehkou šťávou získanou klasickou metodou, vzorky byly analyzovány a průměrovány v průběhu šesti dekad kampaně (tab. I., tab. II.).

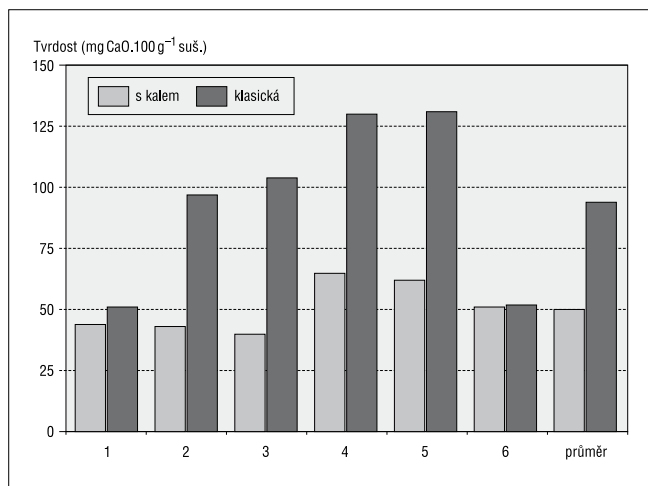
Výzkum ukázal, že tvrdost lehké šťávy při použití metody s aktivací kalu při 60 °C a separaci kalu po předčeření je většinou dvakrát nižší, než při klasické metodě (obr. 2.). Navržená metoda mimo to snižuje barvu (obr. 3.), zvyšuje sedimentační rychlost kalu koloidní sraženiny a epurační efekt.

Výhody výroby řepného sirupu

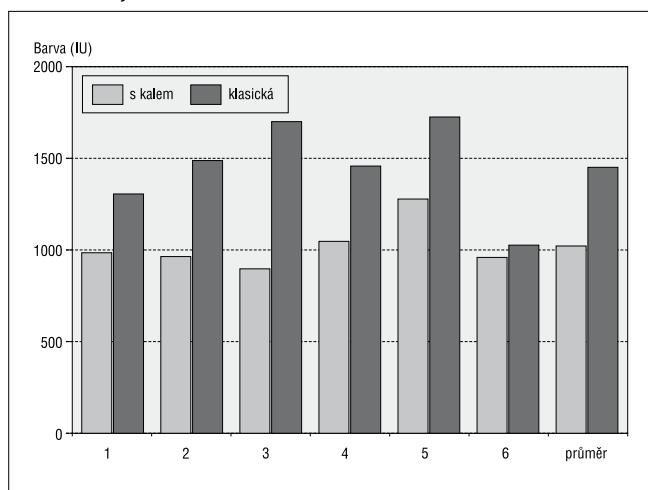
Získání sirupu z řepy výše uvedenou metodou má několik výhod:

- vynechání nejnákladnější a energeticky náročné části výroby bílého cukru – krystalizace,

Obr. 2. Porovnání tvrdosti lehké šťávy při klasické epuraci a epuraci s využitím aktivovaného kalu



Obr. 3. Porovnání barvy lehké šťávy při klasické epuraci a epuraci s využitím aktivovaného kalu



- řepný sirup je vhodný k přímé konzumaci jako sladidlo při výrobě šťáv, alkoholických i nealkoholických nápojů, džemů a dalších výrobků,

- použití cukerného sirupu v potravinářství významně snižuje náklady úsporou energie, která je běžně spotřebována při rozpouštění cukru ve vodě a následně při pasteraci a filtraci,

- v průběhu rozkladu sacharosy na glukosu a fruktosu během inverze dochází ke spojování molekul vody s molekulou sacharosy, čímž se zvyšuje hmotnost rozpuštěné sušiny o stechiometrickou hmotnost vody, tedy o 5,26 %, podle následujícího propočtu:

- 342 molární hmotnost sacharosy: 100 %,
- 18 molární hmotnost vody: x,
- $x = 5,26 \%$,

- invertovaný sirup je asi 1,3× sladší než sacharosa, což může snížit jeho spotřebu o 30 %,

- invertovaná a zahuštěná šťáva má vysoký osmotický tlak, čímž je dosaženo vysoké mikrobiální stability výrobku,

- sirup je transportován do skladovacích nádrží a je odebírán čerpadlem do výrobního procesu, což umožňuje snížit ztráty šťávy,

- řepný sirup získaný výše uvedenou metodou je charakteristický příznivými organoleptickými vlastnostmi: sladkou chutí bez pachu, má barvu „slabého čaje“.

Koncentrát získaný z cukrovky byl použit jako náhrada cukru při fermentačním procesu výroby vína. Tyto zkoušky ukázaly, že doba fermentace byla kratší o 4 dny, v porovnání s víny slazenými cukrem, a rozdíl v pachu a chuti mezi oběma vzorky nebyly velké a byly přijatelné pro hodnotitele. Rozdíl v rychlosti fermentace byly způsobeny chemickým složením řepného sirupu, který kromě cukru obsahoval také dusíkaté sloučeniny, které byly zdrojem esenciálních aminokyselin pro droždí (5). To je jeden příklad z možného využití řepného sirupu. Rozsah využití je mnohem širší např. pro výrobu ovocných šťáv. Výzkum, jehož cílem je zlepšit různé aspekty výroby a rozšíření řepné šťávy jako alternativního sladidla, bude pokračovat.

Souhrn

Článek prezentuje výrobu řepného sirupu a výsledky zkoušek s cílem zjistit významné parametry procesu: pH a teplotu. Vhodně vybrané parametry dovolují získat sirup s vysokým obsahem invertního cukru a bez patrných pachů a chutí řepy.

Přeložil Evžen Šárka

Literatura

1. BURCZYK J. ET AL.: Naturalne środki słodzące w świetle dopuszczalności ich spożycia w Polsce i krajach Uni Europejskiej. *Borgis-Postępy Fitoterapii*, 2004, 1.
2. CRUICKSHANK W. V.: *Commercial Fruit and Vegetable Products*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London, 1958.
3. DOBRZYCKI J.: *Chemiczne podstawy technologii cukru*. WNT, W-wa, 1984.
4. DOBRZYCKI J.: *Cukrownictwo*. WNT, W-wa, 1976.
5. DZIUGAN P., GRABKA J., WŁODARCZYK M.: Koncentrat z buraka cukrowego jako substytut cukru w przemyśle winiarskim. *Gaz. cukrown.*, 2005, 1,10.
6. *Dziennik ustaw*, 5. 2. 2001 (9), s. 72; tamtéž 2. 3. 2001 (15), s. 165; 7. 5. 2001 (40), s. 464; 18. 6. 2001 (73), s. 780; 9. 3. 2004 (37), s. 9.
7. GALAMON T.: *Chemia ogólna*. Oficyna Wydawnicza Medyk, W-wa, 1994.
8. GRABKA J.: Nowoczesne tendencje w oczyszczaniu soków cukrowych. *Gaz. cukrown.*, 1995 (11), s. 201–205.
9. GRABKA J.: Nowa metoda oddzielania osadów koloidowych po defekacji wstępnej. *Gaz. cukrown.*, 2008 (3), s. 100.
10. GRABKA J., SZTEKMIŁLER A.: Zamykanie substancji zapachowych i barwnych w kryształach sacharozy. *Gaz. cukrown.*, 2004 (1), s. 14–19.
11. NIKIEL S.: *Cukrownictwo*. W.Sz.iP., W-wa, 1996, s. 61–80.
12. MCGINNIS R. A.: *Beet-Sugar Technology*. Beet Sugar Development Foundation, 1982, s. 537–539.
13. VAN DER POEL P. W., SCHIWECK H., SCHWARTZ T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture*. Verlag Dr Albert Bartens KG-Berlin, 1998.
14. WAWRO S., KALINOWSKA H., GRUSKA R.: Wybrane aspekty technologiczne oddziaływania uderów napięciowych na enzymy wpływające na wydajność produkcji sacharozy z buraka cukrowego. *Gaz. cukrown.*, 2009 (1/2), s. 5–9.
15. ŻERO M.: *Opracowanie technologii produkcji cukru płynnego inwertowanego*. Instytut Przemysłu Cukrowniczego, projekt badawczy, 1995.

Konka W., Grabka J.: Technological aspects of a sugar-beet syrup production for food industry

The article presents the outline of sugar-beet syrup production and the results of the tests performed to ensure the selection of a relevant process parameters: pH and temperature. Appropriately selected parameters allow obtaining syrups with a high content of invert sugar and without perceptible odours and flavours of beet.

Kontaktní adresa – Contact address:

Mgr. Inż. Weronika Konka, Prof. dr hab. Inż. Jan Grabka, Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Chemicznej Technologii Żywności, Zakład Cukrownictwa, ul. B. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź, Polska, e-mail: grabka@snack.p.lodz.pl