

# Surový cukr jako pivovarská surovina

Ing. JIRÍ CURÍN, Ing. JOSEF ŠTICHAUER, Pokusné a vývojové středisko, Oborové ředitelství Pivovary a sladovny, Praha

663.42  
664.127.1

## 1. Úvod

Mezi základními surovinami, používanými u nás k výrobě piva, získal v posledních letech významné postavení surový cukr. Jde jednak o surový cukr řepný, jednak, a to převážně, o surový cukr třtinový.

Hlavním přínosem svařování surového cukru obou typů je kromě finančního efektu především zvýšení kapacity varen, vyvolané snížením nároků na rmutovací proces a na scezování. Zpracování surového cukru ve větším rozsahu vyvolává však i některé negativní jevy, plynoucí ze změněného složení vyrobené mladiny. Jedná se hlavně o odchylky v průběhu hlavního kvašení a dokvašování a o změny charakteru finálního výrobku. Proces výroby piva je proto třeba vést tak, aby negativní průvodní jevy svařování cukru byly omezeny pokud možno na minimum. K dokonalému zvládnutí celé této problematiky je ovšem nutno znát údaje o jakosti zpracovávaného cukru. Svařování surového cukru se proto promítá i do činnosti laboratorů, které musejí zvýšit svoji kontrolní činnost na tomto úseku.

## 2. Analytika surového cukru

Z analytických dat o surovém cukru jsou z hlediska pivovarského technologa nejdůležitější údaje o čistotě, barvě a extraktivnosti. I když tyto údaje spolu do značné míry souvisejí, nejsou navzájem zastupitelné a každý z nich se musí zjišťovat zvlášť.

Zjišťování čistoty a barvy surového cukru patří mezi běžné cukrovarnické analýzy a provádí se proto podle cukrovarnické metodiky. Jsou to současně i kritéria, která se mohou použít při odběratelsko-dodavatelských jednáních. Čistotu surového cukru charakterizuje polarizace nebo rendement (Rdt). Je-li třeba, je možno stanovit i obsah sacharózy metodou podle Clergeta [1], při níž se obsah sacharózy vypočítá z polarizace přímé a z polarizace po inverzi. Barva surového cukru se podle cukrovarnické metodiky vyjadřuje v jednotkách (stupních) Stammera ( $^{\circ}\text{St}$ ). Barvu je možno zjišťovat buď měřením na Stammerově kolorimetru, anebo měřením na běžném fotokolorimetru s filtrem (optický střed filtru blízko 580 nm), pro nějž byla stanovena příslušná kalibrační křivka. Kalibraci fotokolorimetrů provádí Výzkumný ústav cukrovarnický v Modřanech. Výsledek se přepočítává na 1 g sušiny/1 ml. Poněvadž barva svařovaného surového cukru je z hlediska pivovarské technologie velmi důležitá, stanovili jsme přibližný vztah mezi Stammerovou a v pivovarství běžně používanou Brandovou škálou. Jak je zřejmé z grafu 1, je vztah mezi barvou vyjádřenou v ml 0,1 N roztoku jodu a ve  $^{\circ}\text{St}$  přibližně lineární.

Podrobný popis všech důležitých cukrovarnických analýz je uveden jednak v ČSN 53 0160 Metody zkoušení cukrovarských výrobků, jednak v Návodě k provádění rozborů v cukrovarnické laboratoři, které v r. 1967 vydal Výzkumný ústav cukrovarnický. Mají-li být získané výsledky použity jako podklad k jednání s dodavateli, pak je třeba, aby všechny speciální cukrovarnické přístroje byly v pravidelných intervalech ověřovány Výzkumným ústavem cukrovarnickým.



Obr. 1

Dalším, výlučně pivovarským kritériem jakosti surového cukru je jeho extraktivnost, která se stanovuje na základě hustoty cukerného roztoku, připraveného za standardních podmínek [2]. Přes některé zdánlivé nesrovnalosti, o nichž bude zmínka později, je uvedená metoda jediným postupem, jímž se získají správné údaje pro výpočet varního výtěžku.

Surový cukr řepný a třtinový nemají stejné vlastnosti. Při analýzách je proto nutno v obou případech postupovat odlišně a odlišné jsou i požadavky na jakost, kladené na oba typy cukru.

### 2.1 Surový cukr řepný

Požadavky na jakost surového cukru řepného jsou zakotveny v ÚNK 56 5710 Surový cukr. V této normě je uvedeno, že pro výrobu piva smí být použito pouze surového cukru I o Rdt minimálně 91 a obsahu invertního cukru nejvýše 0,085 %, který vykazuje pozitivní alkalitu na bromthymolovou modř. Rdt je u cukru řepného definováno polarizací zmenšenou o pětinašobek popela, stanoveného konduktometricky. Obsah invertního cukru (resp. redukujících látek) se stanovuje metodou podle Ofnera [1]. Popis všech těchto metod je opět uveden již v zmíněných pramenech.

Při analýzách surového cukru řepného se zpravidla nevyskytují žádné nejasnosti, a proto bude vhodnější se spíše zabývat analytikou nyní častěji svařovaného surového cukru třtinového.



## 2.2 Surový cukr třtinový

Přesto, že vzhledem se surový cukr třtinový celkem neliší od surového cukru řepného, ve vlastnostech obou těchto cukrů jsou rozdíly, které je při analýzách nutno respektovat. Třtinový surový cukr obsahuje větší množství redukujících látek, zpravidla 0,4 až 1 %. U pořádnějších surových cukrů však dosahuje obsah redukujících látek až 2 %, což bývá způsobeno zejména dlouhým skladováním za nevhodných podmínek. Redukující látky nejsou směsí glukózy a fruktózy v molekulárním poměru 1:1, jak je tomu u řepného cukru, nýbrž obsahují větší podíl glukózy. Z dalších látek jsou přítomny i slizovité substance gumovité povahy a rostlinné vosky z povrchové vrstvy cukrové třtiny. Obsah popelovin je obvykle nižší než v surovém cukru řepném, přičemž je přítomen koloidní kysličník křemičitý, který může být i ve formě komplexní sloučeniny. V literatuře se uvádí [3], že tento kysličník křemičitý je velmi stabilní a že ve stopách prochází celým cukrovarnickým epuračním procesem a tvoří inkrustace při svařování v zrnících.

Třtinový surový cukr se od řepného cukru liší i v uložení necukrů. U řepného surového cukru jsou necukry v rozhodujícím množství uloženy v povrchové srobové vrstvičce, u třtinového surového cukru je část necukrů zarostlá přímo v krystalech. Tato odlišnost, plynoucí z odlišné výrobní technologie, je příčinou obtížné afinace. Surový třtinový cukr má i větší sklon k inverzi, neboť jeho pH je obvykle mírně nižší než 7.

Pro posouzení jakosti surového třtinového cukru není k dispozici žádná norma, neboť se nejedná o výrobek produkováný na území ČSSR. Rozhodující je zde proto kontrakt, uzavřený s dodavatelem. V mezinárodním obchodě se kvalita surového třtinového cukru zpravidla vyjadřuje polarizací. Za základ se bere polarizace 96 %, přičemž při vyšší polarizaci se cena zvyšuje a při nižší polarizaci snižuje. R<sub>dt</sub> je vzhledem k odlišným vlastnostem u třtinového surového cukru definováno jako polarizace, snížená o pětinašobek konduktometricky stanoveného popela a o obsah redukujících látek. Přitom konduktometrický popel se na rozdíl od práce se surovým cukrem řepným vypočte vzhledem k obsahu organických kyselin na základě výsledků, získaných před a po okyselení vzorku kyselinou chlorovodíkovou [1]. Obsah redukujících látek se stanoví podle Lane-Eynona [1]. I když tato metoda je v principu jednoduchá (známé množství Fehlingova roztoku se za varu titruje roztokem zkoušeného cukru), klade přesto značné nároky na správnost provedení. Při jejím zavádění je proto nejlépe obrátit se pro získání zkušeností na některou laboratoř, v níž se běžně používá, neboť jinak bývají získané výsledky zpravidla chybné.

Z pivovarského hlediska je důležitá barva surového cukru. V tomto směru jsme provedli čtvrtprovozní zkoušky, jejichž výsledky jsou uvedeny v tabulce 1. Při těchto zkouškách jsme sledovali nárůst barvy 10% mladiny při surogaci surovým cukrem ve výši 30 % v přepočtu na standardní slad. Mladina byla pro posouzení barvy odebrána těsně

před přidáním a 5 minut po přidání cukru. Krátkou dobu mezi přidáním cukru a odběrem vzorků jsme zvolili proto, abychom vyloučili případný vliv karamelace. Vzhledem ke čtvrtprovoznímu měřítku zkoušek bylo zaručeno, že veškerý přidaný cukr se ve zvolené době rozpustí. Jak je zřejmé z tabulky 1, při barvě surového cukru cca 40 °St byl nárůst barvy 0,1 ml 0,1 N roztoku jodu a při barvě surového cukru cca 55 °St již 0,2 ml 0,1 N roztoku jodu.

Tabulka 1. Vliv surogace surovým cukrem na barvu mladiny

Barva surového cukru °St	Barva mladiny před přidáním cukru ml 0,1 N J	Barva mladiny po přidání cukru ml 0,1 N J
42	0,50—0,55	0,60—0,65
55	0,50—0,55	0,70—0,75

Dalším, z pivovarského hlediska neobyčejně významným analytickým kritériem surového třtinového cukru, je extraktivnost. Při jejím stanovování se často dostáváme do situace, že zjišťovaná extraktivnost surového třtinového cukru se blíží 100 %, popř. 100 % i slabě převyšuje. Poněvadž tyto výsledky vzbuzují pochybnost o správnosti použité metodiky (při analýzách surového cukru řepného vychází extraktivnost nižší než 100 %), provedli jsme v tomto směru podrobné šetření. Získané výsledky však ukázaly, že pyknometrická metoda stanovení extraktivnosti surového cukru je správná.

V první fázi zkoušek jsme se zabývali výtěžností surového třtinového cukru ve varně. Zkoušky byly uskutečněny jednak v laboratoři, jednak ve čtvrtprovozní varně PVS Braník. Výsledky těchto zkoušek plně potvrdily správnost posuzované analytické metodiky, neboť rozdíly mezi extraktivností zjištěnou ve varně a podle posuzované analytické metodiky ležely v rozmezí analytických chyb. V druhé fázi zkoušek jsme pak ve čtvrtprovozním měřítku sledovali změny stupňovitosti v průběhu hlavního kvašení a dokvašování, při čemž jsme vyloučili možnost zředění. Původní stupňovitost mladiny jsme zjišťovali jak destilačně, tak i refraktometricky. I v tomto případě rozdíly mezi stupňovitostí mladiny a zjišťovanou původní stupňovitostí mladého piva i hotového výrobku ležely v rozmezí analytických chyb.

Vysvětlení popsané skutečnosti je nutno hledat v rozdílném složení surového cukru třtinového a řepného a ve způsobu stanovení stupňovitosti mladiny i původní stupňovitosti mladého i hotového piva. Metody používané k tomuto účelu vycházejí z hustoty analyzovaného média. V surovém třtinovém cukru se pak vyskytují látky, které zvyšují hustotu jeho roztoku. S velkou pravděpodobností je možno tento vliv přisoudit především v literatuře uváděnému koloidnímu kysličníku křemičitému. Jestliže tato látka prochází cukrovarnickým epuračním procesem, je nutno tím spíše předpokládat, že projde i celou výrobou piva až do finálního výrobku. V mladině i ve finálním výrobku pak má



Tabulka 2. Rozbory surového třtinového cukru

Vzorek	Vlhkost %	Polarizace %	Obsah sacharózy %	Popel konduk. %	Reduk. látky %	Rdt	Alkalita na bromt. modř	pH	Barva °St	Extrakt %
A	0,40	97,10	95,9	0,86	1,02	90,35	negat.	6,5	38	101,8
B	0,41	96,25	95,5	0,54	0,72	92,90	negat.	6,6	42	100,7
C	0,80	97,15	96,5	0,72	0,68	90,85	negat.	6,7	55	101,3
D	0,33	97,80	97,5	0,66	0,78	92,25	negat.	6,6	47	100,1
E	0,41	97,50	97,3	0,68	0,86	93,20	negat.	6,7	63	101,4
F	0,75	97,10	96,9	0,68	0,82	91,85	negat.	6,6	60	99,9
G	0,72	97,60	97,5	0,80	0,67	91,90	negat.	6,7	76	100,5
H	0,37	97,45	97,3	0,76	0,64	92,15	negat.	6,7	54	101,0
I	0,35	97,05	96,1	0,66	0,82	92,50	negat.	6,6	56	100,1
J	1,27	98,20	97,1	0,80	1,27	90,20	negat.	6,7	42	99,3
K	0,28	96,65	96,2	0,72	0,96	92,80	negat.	6,6	45	99,9

zvýšení hustoty vliv na stanovení stupňovitosti a původní stupňovitosti, takže stejné metodiky musí být použito i při stanovování extraktivnosti surového cukru.

V rámci řešení problematiky surového cukru bylo v PVS Braník i detailně analyticky zhodnoceno jedenáct vzorků surového třtinového cukru, odebraných v různých pivovarech ORPS Praha. Výsledky těchto analýz jsou uvedeny v tabulce 2. V uvedeném rozsahu je PVS Braník schopno v rámci pomoci podnikům provést analýzy zaslanych vzorků surového cukru.

### 3. Zpracování surového cukru při výrobě piva

Problematika zpracování surového cukru v pivovaru začíná vlastně již otázkou skladování. Surový cukr lze bezpečně po delší dobu skladovat, jestliže hodnota tzv. bezpečnostního koeficientu, definovaného vztahem

$$K = \frac{\text{obsah vody v cukru v } \%}{100 - \text{polarizace}}$$

je menší než 0,25. Optimální teplota pro skladování je 15 až 25 °C, relativní vlhkost vzduchu 60 až 70 %. Skladuje-li se cukr v příliš vlhké místnosti, podléhá vlivem vlhnutí zkáze, v opačném případě ztuhne. Ztuhnutí cukru lze odstranit uložením po kratší dobu před zpracováním ve vlhké místnosti (např. v místnosti, v níž uniká pára), čímž se krystaly uvolní a cukr je opět sypký.

Při vlastním zpracování je nejlépe přidávat surový cukr do mladinové pánve asi 30 minut před koncem chmelovaru. Dřívější dávkování je naprosto zbytečné a možno říci i nežádoucí, poněvadž dlouhým varem nastává karamelace.

Svařování většího množství cukru výrazně mění složení vyráběné mladiny. Jde především o nárůst zkvasitelného podílu mladiny a o pokles obsahu dusku. Nárůst zkvasitelného podílu mladiny lze nejlépe demonstrovat nárůstem dosažitelného prokvašení. Při zkouškách konaných v PVS Braník měla např. mladina, vyrobená ze samotného sladu běžným dvourmutovým postupem dosažitelné prokvašení asi 75 %, při surogaci surovým cukrem ve výši 18 % v přepočtu na standardní slad za téže varní technologie dosáhlo dosažitelného prokvašení mladiny již 82 % a při surogaci surovým cukrem ve výši 25 % v přepočtu na standardní slad 85 %. Úměrně klesal i obsah dusíku.

Určité kompenzace vlivu surogace cukrem je možno dosáhnout úpravou rmutovacího procesu: Obsah dusíku v mladině lze do jisté míry zvýšit zařazením odpočinku při teplotě 45 až 50 °C. Dosažitelné prokvašení je možno snížit přeskokem teplot v okolí teplotního optima působením obou amyláz, tj. 62,5 °C, které je pochopitelně i optimem pro získání maximálního množství zkvasitelného extraktu [4] a převedením amylolýzy do oblasti teplot nad 70 °C, kde jsou daleko příznivější podmínky pro tvorbu nezkvasitelných dextrinů. Nejlépe lze tuto podmínku splnit při jednormutovém postupu. V našich poměrech, kdy konstrukci varen je většinou jednoznačně zafixováno použitím dvourmutového postupu, je možno uvedenému požadavku dosti dobře vyhovět úpravou objemu rmutů. První rmut je třeba zvětšit tak, aby se po jeho přecherpání zvýšila teplota ve vystírací kádi asi z 50 °C na 70 °C. Při tom přecherpání rmutu má být co nejrychlejší. Druhým rmutem je pak třeba dosáhnout odrmutovací teploty 75 °C. Rmut je nejlépe zcukřovat rovněž při 75 °C. Použití vyšších teplot než 75 °C jak pro zcukřování rmutů, tak i jako teploty odrmutovací nelze doporučit.

V praxi se často dělá chyba v tom, že se síce zvyšuje teplota zcukřování rmutů (často se používá neúměrně vysokých teplot), přičemž se však zachovává obvyklý objem rmutů. Dílo ve vystírací kádi je tím ponecháno velmi dlouho při teplotách kolem 65 °C, čímž se účinnost úpravy rmutovacího procesu značně snižuje.

Popsanou úpravou rmutovacího procesu lze snížit dosažitelné prokvašení mladiny asi o 3 %. Porovnáme-li tento efekt se změnou způsobenou ve složení mladiny rozsáhlejší surogací cukrem (např. 25 % v přepočtu na standardní slad), je zřejmé, že vliv popsané úpravy rmutovacího procesu je síce příznivý, že jím však působení surogace cukrem nemůže být ani zdaleka vykompenzováno. K tomu je ještě nutno připomenout, že zvyšování teplot používaných při rmutovacím procesu zvyšuje i nároky na jakost sladu. Svařuje-li se méně kvalitní slad, potom uvedená úprava způsobuje obtíže při zcukřování a snižuje se varní výtěžek. Za takových podmínek je lépe rmutovací proces neměnit, poněvadž dosažená změna ve složení mladiny zdaleka nemůže vyvážit vzniklé negativní jevy.

Zařazení peptonizační prodlevy naproti tomu nepřináší žádné závažné problémy. Její účinek je si-



ce patrný, radikální změny obsahu dusíku však ze známých důvodů nelze dosáhnout ani v tomto případě.

Snížení obsahu dusíkatých látek se snížením tvorby tříslovlkovinových a hořkobilkovinových komplexů projeví i vyšším obsahem tříslovin a hořkých látek v mladině, jak je zřejmé z *tabulky 3*. Vyšší obsah sacharózy v mladině má však za následek bouřlivější hlavní kvašení provázené větším poklesem pH (vlivem většího množství zkvasitelného extraktu tvoří se při kvašení více organických kyselin a současně je snížena i ústojná kapacita), takže vznikají i větší ztráty hořkých látek. Tento pochod se zintenzivňuje s nárůstem teploty hlavního kvašení. pH finálního výrobku se sice utižuje a esterifikací organických kyselin v průběhu dokvašování opět zvýší, obsah hořkých látek je však již snížen na úroveň a někdy i pod úroveň porovnatelných piv sladových. Surogace cukrem neopravňuje tedy ke snížení dávky chmele.

Tabulka 3. Vliv surogace surovým cukrem na obsah hořkých látek a tříslovin v mladině a pivě

Výše surogace surovým cukrem v přepočtu na standardní slad v %		0	18	25
Mladina	Celkové hořké látky mg/1000 ml	121,3	124,0	129,3
	Třísloviny mg/1000 ml	224,9	228,1	235,4
Pivo	Celkové hořké látky mg/1000 ml	69,3	70,7	68,0
	Třísloviny mg/1000 ml	169,7	171,9	176,7
	Index hořkosti	1,760	1,926	2,727
Ztráta celkových hořkých látek mezi mladinou a pivem v %		42,9	43,0	47,4
Ztráta tříslovin mezi mladinou a pivem v %		24,5	24,6	24,9

Surogace surovým cukrem má kromě toho vliv i na vzájemný poměr hořkých látek vázaných na koloidy a hořkých látek přítomných v molekulární formě, vyjadřovaný indexem hořkosti. Se stoupající surogací surovým cukrem roste podíl hořkých látek přítomných v molekulární formě, čili index hořkosti se zvyšuje. Tato kvalitativní změna se projevuje drsnější hořkostí, jejíž vznik podporuje i stoupající obsah tříslovin, který na rozdíl od obsahu hořkých látek se v průběhu kvašení ve zvýšené míře neredukuje.

Snížení obsahu dusíkatých látek v pivě, způsobované surogací cukrem, je z hlediska koloidní stability piva do jisté míry žádoucí. Dosáhne-li však

pokles obsahu celkového dusíku příliš vysokých hodnot, projeví se negativně především rychlejší degenerací kvasnic a změnou charakteru finálního výrobku. Zvláště nežádoucí je použití mladiny vysoko surogované cukrem pro propagaci kvasnic.

Výrazná změna charakteru finálního výrobku nastává i zvýšením podílu zkvasitelných látek v mladině, mající za následek vyšší prokvašení a vyšší obsah alkoholu. Charakterové změny se pohybují v únosných mezích, nepřesáhne-li surogace surovým cukrem 15 až 18 % v přepočtu na standardní slad. Při vyšší surogaci cukrem se již zřetelně mění charakter finálního výrobku a pokud se neupraví struktura sypání, nelze počítat s odstraněním změn. Nelze-li zvýšit podíl svařovaného sladu, je jedinou schůdnou cestou k odstranění nežádoucích důsledků vysoké surogace cukrem náhrada části cukru škrobnatým surogátem.

#### 4. Závěr

Svařování surového cukru ve větším rozsahu vyžaduje nejen provedení správných zásahů v průběhu technologického procesu, nýbrž i detailnější analytickou kontrolu nakupované suroviny. Vzhledem k tomu, že surový cukr řepný a třtinový se svými vlastnostmi liší, jsou odlišné i analytické metody, používané pro jejich hodnocení. Z pivovarského hlediska je důležitá pyknometrická metoda stanovení extraktivnosti surového cukru, jejíž výsledky jsou jedinými hodnotami vhodnými pro výpočet varního výtěžku. Vysoká extraktivnost, často zjišťovaná v případě surového třtinového cukru, odpovídá skutečným výtěžkům, získávaným ve varně.

Vysoký nárůst zkvasitelného podílu mladiny, způsobený vyšší surogací cukrem, je možno do jisté míry kompenzovat převedením amylolýzy při rmutování do oblasti teplot nad 70 °C, které jsou příznivější pro tvorbu nezkvasitelných dextrinů. Tato úprava rmutovacího procesu však klade zvýšené nároky na jakost sladu, takže při svařování sladů horší jakosti její využití není možno doporučit. Nežádoucí pokles obsahu celkového dusíku v mladině je možno do jisté míry kompenzovat zařazením peptonizační prodlevy. Změny charakteru piva, způsobované surogací cukrem se pohybují v únosných mezích, nepřevyšuje-li surogace 15 až 18 % v přepočtu na standardní slad.

#### Literatura

- [1] Návod k provádění rozborů v cukrovarnické laboratoři, STI ÚVÚPP 1967
- [2] Pivovarskosladařská analytika, SNTL Praha 1966
- [3] BRETSCHNEIDER, R.: Technologie cukrovarnictví, SNTL Praha 1964
- [4] WEINFURTER, F., WULLINGER, F., PIENDL, A.: Brauwelt 105, 1965, č. 98/99, s. 1857—1867

#### ПРИМЕНЕНИЕ САХАРА-СУРПА В ПИВОВАРЕНИИ

Ввиду того, что тростниковый сахар-сырец отличается своими свойствами от свекловичного, необходимо при применении того или другого в качестве заменителя солода приспособить соответственно аналитические методы. Значительное повы-

#### CRUDE SUGAR AS RAW MATERIAL FOR BREWING INDUSTRY

When crude sugar is used as a surrogate replacing a certain part of malt, it is necessary to adjust analytic and brewing methods to the sort of sugar, since the properties of cane and beet sugar differ very substantially. Increased per-

#### ROHZUCKER ALS BRAUEREIROHSTOFF

Werden in den Brauereien höhere Rohzuckeranteile als Malzersatz verwendet, werden auch verschiedene analytische Kontrollmethoden benötigt. Als Brauerothstoff weisen Rohr- und Rübenzucker unterschiedliche Eigenschaften auf. Die erhebliche