

Čištění šťáv (epurace) – hodnocení epuračního procesu, technologické závady při epuraci

SUGAR TECHNOLOGY – JUICE PURIFICATION – PROCESS EVALUATION, TECHNOLOGICAL DEFECTS

Evžen Šárka, Svatopluk Henke, Simona Gillarová – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Parametry jednotlivých proudů, jako jsou alkality a teploty, byly uvedeny u jednotlivých aparátů epurační linky.

Efekt odstranění necukrů

Standardním ukazatelem kvality práce na epuraci, který charakterizuje množství odstraněných necukrů v tomto procesu (%), je epurační efekt EE (%). Definuje se podle rovnice:

$$EE = \frac{10^4 (Q_{1S} - Q_{SS})}{Q_{1S} (100 - Q_{SS})} \quad (1)$$

kde Q_{1S} (%) je čistota lehké šťávy a Q_{SS} (%) je čistota surové šťávy. Vzhledem k přesnosti stanovení se někdy počítá také z čistoty těžké šťávy místo lehké. V současné době se tento ukazatel pohybuje v cukrovarech obvykle mezi 15–35 %, v ČR má průměrnou hodnotu 25 %.

Rozkladem invertního cukru při epuraci se zabývá V_{UKOV} (3). Zavádí tzv. index invertního cukru v lehké šťávě:

$$k_{iS} = \frac{i_{1S}}{i_{SS}} \quad (2)$$

kde i je tok invertního cukru (% ř.), přičemž má platit $k_{iS} < 0,15$.

Důsledkem rozkladu invertního cukru je zvýšení tvrdosti lehké šťávy. V_{UKOV} (4) navrhl koeficient:

$$K_c = \frac{\frac{[CaO]}{28}}{\frac{\Delta I}{125} + \frac{n}{14}} \quad (3)$$

kde $[CaO]$ je obsah vápenatých solí v lehké šťávě ($\text{mg CaO} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p. c.), ΔI – invertní cukr surové šťávy rozložený při epuraci ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p. c.), n – obsah aminodusíku surové šťávy ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p. c.). Hodnoty koeficientu závisí na přídatku vápna (celkovém a na 2. saturaci), pH surové šťávy, teplotě čerání, době zdržení na 1. saturaci a recirkulaci šťávy.

Vukov odvodil i vzorce, jak obsah invertního cukru ovlivní barvu lehké šťávy, kritéria však vycházela z údajů barvy vyjádřené v jednotkách °St, které na jednotky ICUMSA nelze jednoduše přepočítat.

Využití saturačního plynu

Využití saturačního plynu po saturaci lze hodnotit **součinitelem využití oxidu uhličitého** f , který se vypočte:

$$f = \frac{10\,000 (c_{V,CO_2,G} - c_{V,CO_2,EG})}{c_{V,CO_2,G} (100 - c_{V,CO_2,EG})} \quad (4)$$

kde c_{V,CO_2} je objemový zlomek oxidu uhličitého v plynu, index G označuje saturační plyn, EG – vyčerpaný saturační plyn odcházející ze saturáku.

Přídavek vápna na epuraci

Důležitou technologickou veličinou je celkový přídavek vápna na epuraci p_{CaO} . Tato veličina se v řídicím systému nastavuje nepřímě. Správný přídavek vápna závisí na množství necukrů v surové šťávě, na jejich složení (vyšší přídavek vápna je nutný zvláště při vyšším obsahu polysacharidů v surové šťávě), na kapacitě vápenky a na dalších faktorech. Průměrná vykazovaná hodnota v ČR je 1,1 % ř., to odpovídá 70 % toku necukrů v surové šťávě.

V této podkapitole je výpočtu přídatku vápna pro epuraci věnována poměrně velká pozornost. V literatuře byly navrženy různé zjednodušené výpočty přídatku vápna, jejich použití vyžaduje ale velkou obezřetnost. Tyto rovnice platí za určitých předpokladů, někdy není uvažována recirkulace šťáv v epurační lince nebo se do výpočtu nezahrnuje jiný přídavek vápna než do čerání, přestože se v technologii využívá i na jiných místech. Často u rovnic chybí omezující podmínky pro jejich použití. Ke správné hodnotě přídatku vápna se lze dopracovat dále popsanými způsoby.

Výpočet ze spotřeby vápence

Nejjednodušší způsob určení přídatku vápna pro technologii je z množství vypáleného vápence za den. V tomto případě ovšem nejde o okamžitý údaj, ale o denní průměr, lze jej tedy použít spíše pro kontrolu. Hodnota p_{CaO} se vypočte:

$$p_{CaO} = \frac{M_{CaO}}{M_{CaCO_3}} \frac{x_{CaCO_3,váp}}{100} G_{váp} \quad (5)$$

kde $x_{CaCO_3,váp}$ (% hm.) je obsah $CaCO_3$ ve vápenci (obvykle je v rozmezí 91,5–96,0 % hm.), $G_{váp}$ je spotřeba vápence (% ř.), M_{CaO} je molární hmotnost oxidu vápenatého ($56,08 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$) a M_{CaCO_3} je molární hmotnost uhličitanu vápenatého ($100,09 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$). Obsah $CaCO_3$ je specifikován v dodacím listu a použítí např. hodnoty 94 % nezpůsobí zásadní chybu ve výpočtu přídatku vápna. Uvedený výpočet předpokládá, že veškeré vápenné mléko jde na technologii, což se v cukrovarech téměř nikde neprovádí – část vápenného mléka obvykle odchází na alkalizaci

plavící vody. Výjimkou pro použití tohoto vzorce by mohl být závod s nedostatečnou kapacitou vápenky, který by veškerou alkalizaci této vody prováděl nakupovaným prachovým vápnem, aby mu zbyl dostatek vápenného mléka pro technologii.

Výpočet z množství a koncentrace vápenného mléka

Další možností je vyjít z parametrů vápenného mléka. Vzorec lze zapsat následovně:

$$p_{\text{CaO}} = \frac{x_{\text{CaCO}_3, \text{VM}} G_{\text{VM}}}{100} \quad (6),$$

kde $x_{\text{CaO,VM}}$ (% hm.) je obsah CaO ve vápenném mléce, G_{VM} (% ř.) – množství vápenného mléka. $x_{\text{CaO,VM}}$ (% hm.) se v závodě přímo nestanovuje, ale určuje se nepřímo z měření hustoty či koncentrace vyjádřené ve °Bé. GEBLER ET AL. (5) upozorňují na častou chybu, kdy se zaměňují hodnoty ve °Bé za koncentraci CaO (% hm.), údaje je tedy nutné přepočítat. Mimo to je potřeba tyto údaje ještě korigovat na obsah cukru ve vápenném mléce, který hustotu ovlivňuje. Opravné vzorce jsou uvedeny v GEBLER ET AL. (5).

Hodnoty množství vápenného mléka G_{VM} lze určit z hmotnostního průtoku vápenného mléka. Pokud je k dispozici pouze údaj objemového průtokoměru, je nutno jej přepočítat podle hustoty vápenného mléka. Je třeba upozornit na fakt, že vápenné mléko často pění, což může údaje objemového průtokoměru zkreslit i o desítky procent.

Výpočet z množství a koncentrace saturačního kalu

Pokud cukrovar dodává saturační kal např. zemědělským odběratelům a hmotnost jednotlivých dodávek váží, lze provést kontrolu přídatku vápna podle následující rovnice:

$$p_{\text{CaO}} = \frac{M_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaCO}_3}} \frac{x_{\text{CaCO}_3, \text{SK}}}{100} G_{\text{SK}} \quad (7),$$

kde $x_{\text{CaCO}_3, \text{SK}}$ (% hm.) je obsah CaCO_3 v saturačním kalu (běžně se nestanovuje), G_{SK} je množství saturačního kalu (% ř.), M_{CaO} je molární hmotnost oxidu vápenatého a M_{CaCO_3} je molární hmotnost uhličitánu vápenatého. Obsah CaCO_3 nelze stanovit vyžiháním, protože saturační kal obsahuje i další minerální složky.

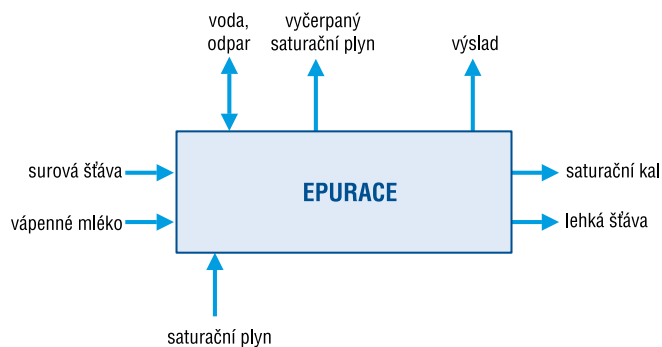
Výpočet z množství a alkality dočeřené šťávy

V současnosti se v cukrovarech České republiky vápenné mléko za běžných podmínek přidává pouze do předčeření a do dočeření. Celkový přídatok vápna lze pak vypočítat z alkality dočeřené šťávy a acidity surové šťávy. Výpočet je následující:

$$p_{\text{CaO}} = \frac{c_{\text{CaO, DČ}}}{\rho_{\text{DČ}}} G_{\text{DČ}} - \frac{c_{\text{CaO, SŠ}}}{\rho_{\text{SŠ}}} G_{\text{SŠ}} \quad (8),$$

kde $c_{\text{CaO, DČ}}$ ($\text{g CaO} \cdot \text{dm}^{-3}$) je alkalita dočeřené šťávy, $c_{\text{CaO, SŠ}}$ ($\text{g CaO} \cdot \text{dm}^{-3}$) je alkalita surové šťávy (jde o záporné číslo, tedy – acidita). Na pravé straně rovnice je tedy při konečném výpočtu součet hodnot. Pokud je alkalita vyjádřena v $\text{g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$, je nutno její hodnotu vynásobit deseti. $\rho_{\text{DČ}}$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) je hustota dočeřené šťávy, $\rho_{\text{SŠ}}$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) je hustota surové šťávy, $G_{\text{SŠ}}$ (% ř.) je hmotnostní odtah surové šťávy a $G_{\text{DČ}}$ (% ř.) je množství dočeřené šťávy. V obou případech může nastat problém se správností hodnot průtoku při pění šťáv, pokud použijeme data objemového průtokoměru. Pro množství surové šťávy (odtah) lze doporučit bilanční výpočet

Obr. 1. Bilanční proudy v celkovém schématu epurační linky



extraktoru, v případě zjištění nepravděpodobných hodnot je nutno použít iterační bilanční výpočet celé epurační linky.

Bilance epurační linky

Pro přesný propočít toku jednotlivých proudů vč. přídatku vápna a jejich koncentrací je potřeba provést iterační bilanční propočít. Při tomto propočtu se řeší **pro jednotlivá epurační zařízení** celková hmotnostní bilance, bilance sušiny, bilance cukru, bilance CaO a bilance $\text{CaO} + \text{CaCO}_3$, zahrnující recirkulaci saturační sraženiny.

Celkové schéma epurační linky ukazuje obr. 1., které určuje i okrajové podmínky bilančních rovnic. Bilanční rovnice jsou následující:

a) celková hmotnostní bilance (vyjádřená v % ř.):

$$G_{\text{SŠ}} + G_{\text{VM}} + G_{\text{W}} + G_{\text{G}} = G_{\text{LŠ}} + G_{\text{SK}} + G_{\text{V}} + G_{\text{EG}} \quad (9),$$

kde indexy: G označuje saturační plyn, EG vyčerpaný saturační plyn, LŠ lehkou šťávu, SK saturační kal, W vodu, pozn. G_{W} může být i záporné, pokud odpar převyšuje množství vody vstupující do epurační linky (určené především na vyslazení saturačního kalu), v opačném případě je kladné.

b) bilance cukru:

$$G_{\text{SŠ}} P_{\text{SŠ}} + G_{\text{VM}} P_{\text{VM}} = G_{\text{LŠ}} P_{\text{LŠ}} + G_{\text{SK}} P_{\text{SK}} + G_{\text{V}} P_{\text{V}} \quad (10).$$

Často se při výpočtu tzv. neznámé ztráty cukru zanedbávají. Budeme-li předpokládat, že množství cukru vstupující do hašenky (z výsladu) je stejné jako množství cukru z ní vystupující, pak se rovnice zjednoduší na:

$$G_{\text{SŠ}} P_{\text{SŠ}} = G_{\text{LŠ}} P_{\text{LŠ}} + G_{\text{SK}} P_{\text{SK}} \quad (11).$$

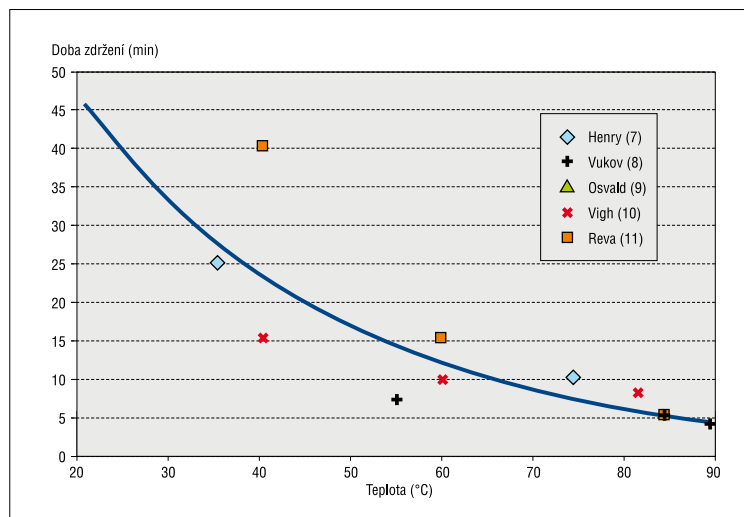
c) Bilance sušiny (mimo CaO a CaCO_3):

Podobně jako v předchozím případě lze zapsat i bilanci sušiny (mimo CaO a CaCO_3):

$$G_{\text{SŠ}} S_{\text{SŠ}} = G_{\text{LŠ}} S_{\text{LŠ}} + G_{\text{SK}} S_{\text{SK}} \quad (12).$$

Tady je třeba upozornit, že S_{SK} (%) není sušina saturačního kalu, ale sušina snížená o obsah CaCO_3 .

Obr. 2. Souvislost doby zdržení při předčeření na teplotě podle různých autorů



d) Bilance CaO (13):

$$\frac{G_{SS} c_{CaO,SS}}{\rho_{SS}} + 0,01 G_{VM} x_{CaO,VM} = \frac{G_{LS} c_{CaO,LS}}{\rho_{LS}} + 0,01 G_{SK} x_{CaCO_3,SK} \frac{M_{CaO}}{M_{CaCO_3}},$$

kde c (g CaO·dm⁻³) je alkalita (surová šťáva je kyselá, údaj bude mít proto zápornou hodnotu), ρ (kg·m⁻³) je hustota, pro surovou šťávu uvažujeme 1060 kg·m⁻³, pro lehkou šťávu 1030 kg·m⁻³. Dále bude platit:

$$0,01 G_{VM} x_{CaO,VM} = 0,01 G_R p_{CaO} = p_{CaO} \quad (14).$$

Budeme-li předpokládat, že po proběhnutí epuračního procesu veškeré vápno je přeměněno na uhličitán vápenatý, bude pro poslední člen rovnice 32 platit, že:

$$0,01 G_{SK} x_{CaCO_3,SK} = 0,01 G_{SK} (S_{SK} - S_{SK-CaCO_3}) \quad (15),$$

kde M jsou molární hmotnosti (g·mol⁻¹), $S_{SK-CaCO_3}$ – sušina saturačního kalu snižená o obsah CaCO₃ (%), S_{SK} – sušina sat. kalu (%).

e) Bilance CaO + CaCO₃, resp. CO₂:

$$0,01 m_G x_{CO_2,G} = 0,01 m_{SK} x_{CaCO_3,SK} \quad 0,01 m_{EG} x_{CO_2,EG} \quad (15),$$

kde index G a EG označují saturační a vyčerpaný plyn, koncentrace x jsou vyjádřeny v % hm. Naměřit lze však pouze objemové koncentrace plynu, takže řešení této rovnice není

jednoduché. Hustota saturačního plynu se pohybuje obvykle v rozmezí 1,40–1,55 kg·m⁻³ (5) vyčerpaný plyn je chudší o část CO₂, na druhé straně je navíc nasycený vodní párou ze saturace.

Automatické řízení epuračního procesu

Podobně jako u extrakce je cílem řízení epurační stanice dosáhnout stabilizace hmotnostních toků a teplot, kromě toho je potřeba na jednotlivých stupních zajistit také vhodné reakční podmínky (pH).

Regulace průtoku **surové šťávy** je buď přímo z extraktoru, nebo – je-li instalována zásobní nádrž na surovou šťávu – svázaná s měřením hladiny v této nádrži. Podobně se reguluje průtok šťávy do dočeření nebo 2. saturace. Zaústění vstupního potrubí musí být vždy provedeno tak, aby v nádržích nedocházelo k pění, protože by v tomto případě měření hladiny např. hydrostatickým tlakem či ultrazvukovým signálem nezajistilo správné hodnoty, a nádrže by mohly přetékat.

Průtok **vápenného mléka** se řídí proporcionálně k průtoku surové šťávy. Pokud se přidává vápenné mléko i před 2. saturací, pak je dávka vápna úměrná průtoku šťávy, vstupující do 2. saturace. Podobně i **dávka MgO, sody a dalších činidel** by měla být úměrná průtoku odpovídající šťávy. Pokud je k dispozici ionexová změkčovací stanice lehké šťávy, bude mít svůj speciální režim zahrnující i regeneraci ionexu.

Průtok **uhelky** do jednotlivých saturačních těles by měl být takový, aby byla zajištěna téměř konstantní alkalita 1. a 2. saturace. Samotná alkalita se však sleduje pouze manuálně, regulace průtoku uhelky je založena na regulaci pH šťávy v saturáku.

Měření a regulace teploty na zahřívacích zabezpečuje dodržení podmínek reakčních procesů a teplotního režimu při dekantaci a filtraci, teplota se snímá odporovými teploměry.

Hladina **oblaku zahuštěné suspenze v dekantéru** je rovněž regulována a ovlivňuje průtok šťávy na kalolisy. Řízení odtahu zahuštěného podílu z dekantéru může být též na základě jeho hustoty, v tomto případě je sledování hladiny oblaku pouze kontrolní.

Mechanizované kalolisy mají svůj systém kontroly, který zajišťuje správné zaplnění kalolisu (sledováním tlaku suspenze na vstupu) a mimo to časově řízený postup operací následujících po aktivní fázi filtrace. Tyto fáze může obsluha případně prodloužit, např. při nutnosti mechanického čištění plachetek. Pokud jde o zahušťovací filtry po 2. (případně i 1.) saturaci, rovněž mají svůj systém kontroly, kde jsou nastaveny časy shozu filtračního koláče a odtahu zahuštěného podílu.

Pravidla pro úspěšnou epuraci

Nejdůležitějšími zásadami pro efektivní provoz jsou:

- Dodržení potřebné doby zdržení a teploty v jednotlivých aparátech. Potřebné teploty v jednotlivých reaktorech epurace byly ve většině případů uvedeny u jednotlivých zařízení. Pokud jde o **předčeření**, potřebná doba zdržení závisí na jeho teplotě (obr. 2.). V současnosti se z energetických

Tab. 1. Doporučené parametry epurační linky

Operace	Alkalita (g CaO·100 ml ⁻¹)	Teplota (°C)	Doba zdržení (min)
předčeření	0,2 – 0,25	vzájemně závisí, viz obr. 1	
dočeření	závisí na recirkulaci šťávy	82 – 85	20
1. saturace	0,080 – 0,100	82 – 85	15
2. saturace	0,015 – 0,025, viz optimální alkalita	95	8

Tab. II. Klíčové indikátory epurace (upraveno z dat DE BRUIJNA 6)

Parametry média	Obsah SiO ₂ (mg SiO ₂ ·100g ⁻¹ suš.)	Tvrdość (mg CaO·100g ⁻¹ suš.)	Barva (IU)	Sušina (%)	Obsah cukru (%)	Obsah CaO (%)
lehká šťáva	4	40	1 200 – 1 500	65 – 70	1,0 – 1,5	38
lehká šťáva po změkčování		10				
vápenné mléko saturační kal	100					

důvodů doporučuje teplota asi 60–65 °C. Je-li dočeření rozděleno na poloteplé a horké, pak pro první stupeň Schiweck doporučoval 12 min při 64 °C. Doba zdržení šťávy v horkém **dočeření** by měla být asi 12–13 min, u **1. saturace** 15 min a u **2. saturace** 8 min (Šárka). Volba teplot úzce souvisí i s návrhem energetického schématu cukrovaru, souvisí tedy s provozem odparky.

b) Správné nastavení a seřízení řídicího systému epurační linky.

c) Zajištění plynulého průtoku epurační linkou, a to jak šťávy, tak vápenného mléka a saturačního plynu.

Větší kolísání průtoku snižuje efektivitu jednotlivých procesů. Obvykle nastávají problémy s průtokem surové šťávy při špatné kvalitě řepných řízků s vysokým obsahem drtě, která často vede ke komplikaci transportu hmot v extraktoru („špuntování“). Pokud jde o vápenné mléko či saturační plyn, problémy mohou být způsobeny buď ve způsobu řízení nebo v provozování vápenky a hašenky.

d) Zajištění vhodné kvality surové šťávy, s minimálním obsahem polysacharidů (dextrany, levany, pektinové látky – zpomalují filtraci) a redukujících látek (invertního cukru, ten zvyšuje barvu a tvrdost lehké šťávy).

Tab. I. shrnuje parametry epurační linky v souladu s předchozím textem, tab. II. uvádí klíčové indikátory epurace.

Technologické závady při epuraci a jejich řešení

V této kapitole jsou uvedeny závady, které lze (alespoň částečně) operativně odstranit. Nejsou zde proto uvedeny dlouhodobě působící vlivy jako nevhodné či málo kapacitní aparáty v technologii, nesprávně navržené tepelné schéma linky apod.

Nesprávný průběh pH při předčeření

Jednou ze základních podmínek správného předčeření je dodržování progresivního růstu alkality (pH) v sekcích předčeřiště, což zajišťuje koagulaci koloidů v metastabilní oblasti přesyceného roztoku, která se projeví vhodnou formou kalových částic. Nárůst pH při předčeření by měl být lineární. Konečná alkalita by měla odpovídat optimální alkalitě 1. saturované šťávy. Její hodnota závisí i na recirkulaci zahuštěného podílu 1. saturované šťávy, obvykle je asi 0,2 gCaO·100ml⁻¹, tedy 2 gCaO·l⁻¹. Na průběh alkalit má vliv:

- kolísající, nízký nebo naopak vysoký přírůstek vápna do šťávy,
- nepravidelný přítok surové šťávy do předčeřiště, často způsobený „špuntováním“ extraktoru či nevhodným způsobem jeho řízení,

- seřízení předčeřiště – správný směr otáčení míchacího elementu příp. odpovídající otáčky dle návrhu zařízení, to ovlivňuje vrácení šťávy v protiproudu. Rovněž může být potřeba mechanického seřízení přepážek.

Kolísání alkality předčeřeně a dočeřeně šťávy

Konečná alkalita předčeřeně šťávy, jak již bylo uvedeno, souvisí s efektivní prací na předčeření. Alkalita na dočeření nás po přepočtu informuje o celkovém přírůstu vápna na epuraci, který ovlivňuje řadu technologických parametrů, jako kupř. filtrovatelnost 1. saturované šťávy. Na výši alkalit má vliv:

- kolísání hustoty vápenného mléka, obvykle je 1140–1180 kg·m⁻³. Důvodem může být nedostatečná regulace či chyby při práci na vápence nebo v hašence, případně kolísání dávky výsladů, které jsou v hašence využity pro přípravu vápenného mléka,
- nepravidelný přítok surové šťávy do předčeřiště nebo nepravidelný průtok předčeřeně šťávy z buforu do dočeřiště,
- inkrustace v potrubí vápenného mléka, které zabrání jeho dostatečnému průtoku do jednotlivých míst epurační linky.

Pěnění šťávy – silnější pěnění bývá při:

- zpracování alterované řepy, je nutno zvýšit dávkování odpěňovacích prostředků,
- příliš vysoké teplotě předčeření (nad 90 °C),
- našlehání šťávy, např. při vysokých otáčkách míchadla v nádrži, při vhánění vzduchu do šťávy, působením nevhodného čerpadla nebo nevhodnou regulací hladiny v technologicky předcházející nádrži, kdy dojde k přísávání vzduchu do čerpadla. Nevhodné čerpadlo je potřeba seřídit či vyměnit, poslední závadu lze zlikvidovat seřízením automatiky, která ovládá frekvenční měnič;
- v saturáku může jít o vysokou koncentraci povrchově aktivních látek (je nutno zvýšit dávkování odpěňovacích prostředků) nebo o chybu toku v saturáku, kde se mísí nedosaturovaná a přesaturovaná šťáva. V tomto případě nutno provést proměření průtoku recirkulačního čerpadla a případně zvážit vizuální kontrolu uvnitř zařízení;
- při suchém ročníku,
- při nedostatečném vysaturování šťávy. To může být způsobeno nízkým obsahem CO₂ v saturačním plynu, nevhodným stavem elektrod pro regulaci pH (nutno vykyselit) či zacpáním rozdělovače saturačního plynu v saturáku.

Mikrobiální činnost v epuraci

Hlavním rizikem je vznik kolonií *Leuconostoc* na vnějších či vnitřních vrstvách čerpadel a zařízení v přední části epurační linky. Nutno použít dostatečně silnou dávku desinfekčních činidel.

Ucpávání reakčních nádob pískem

Zdrojem této závady je nedostatečné odkalování jednotlivých těles epurační linky. Písek má vyšší hustotu než koloidní sraženina a rychle se usazuje na dně nádob. Odkalování je potřeba provádět nejméně 1× za 8–12 h.

Nedostatečný přírůstek vápna

Při příliš nízkém přírůdku vápna dochází k poklesu čistoty lehké a těžké šťávy a nárůstu jejich barvy. Mimo to se zhoršuje filtrační schopnost šťáv. Přírůstek vápna je nutno volit v návaznosti na kvocient surové šťávy a obsah koloidních látek v surové šťávě. Viz též kolísání alkality předčeřené a dočeřené šťávy.

Příliš nízká nebo vysoká alkalita 1. a 2. saturované šťávy

Optimální alkalita 1. saturace je obvykle v rozmezí 0,08–0,10 gCaO·100ml⁻¹. Alkalita 2. saturace je významně ovlivněna ročníkem (je obvykle v rozmezí 0,015–0,025 gCaO·100ml⁻¹, optimální alkalitu stanovuje laboratoř cukrovaru ze závislosti tvrdosti šťávy na její alkalitě). Vyšší tvrdost šťávy způsobuje inkrustace (v těle saturace, na filtrační tkanině, v odparce). Příčiny závady:

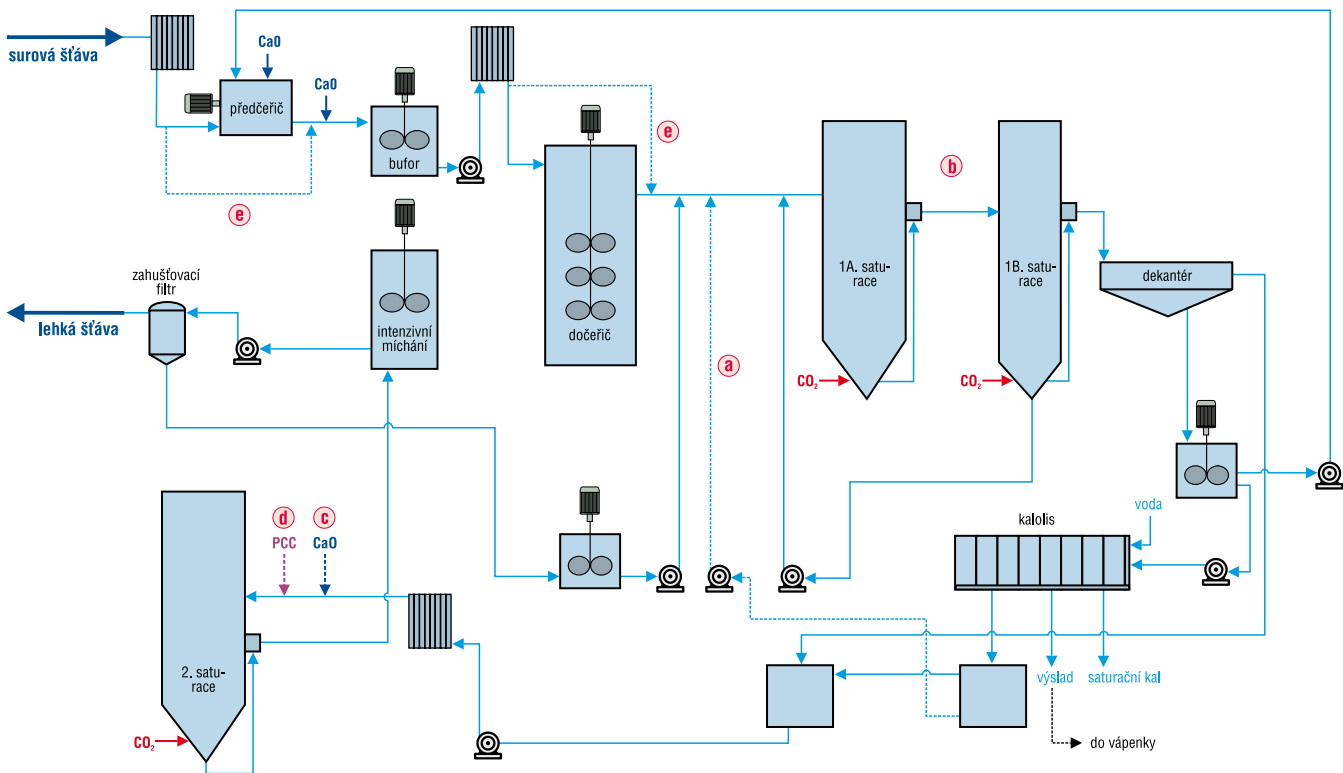
- nedostatečná koncentrace oxidu uhličitého v saturačním plynu (neměla by být pod 28 % obj.), může být způsobena příliš velkým přebytkem vzduchu ve vápence či vysokým přírůstkem koku k pálení vápna (vznikne částečně CO místo CO₂), špatným chodem vápenky,
- nevhodný stav elektrod pro regulaci pH, zacpání rozdělovače saturačního plynu v saturáku,
- špatná funkce saturačky (kompresoru na saturační plyn),

- nedokonalé využití saturačního plynu (stupeň využití by měl být minimálně 70–80 %). Důvodem může být nízká hladina v saturáku nebo inkrustace rozdělovače saturačního plynu.
- úmyslně snížená alkalita 1. saturace (přesaturování) může sice vést k lepší filtrovatelnosti šťávy, ale projeví se na uvolnění koloidů a barevných látek ze sraženiny do kapalné fáze, zvyšuje se tvrdost 2. saturované šťávy,
- nedosaturování šťávy naopak vede ke zhoršení filtrovatelnosti, mimo to může vést k vyšším ztrátám cukru v saturačním kalu,
- velké změny v průtoku či koncentraci vápenného mléka či průtoku surové šťávy, přičemž řídicí systém nezvládá tyto fluktuace regulovat průtokem saturačního plynu,
- alkalita 2. saturace může být rovněž ovlivněna nízkou alkalitou na 1. saturaci.

Vysoký zákal filtrované 1. a 2. saturované šťávy:

- špatné uchycení filtrační plachetky ve filtru nebo otvory ve filtrační tkanině,
- vyšší obsah koloidních látek v surové šťávě způsobující tvorbu malých částic saturační sraženiny (<5 μm), které pak spolu s čirou šťávou odcházejí přepadem dekantéru nebo ucpávají tkaninu na zahušťovacích filtrech. Osvědčil se přírůstek vápna do 2. saturace 0,2–0,25 % CaO ř. (obr. 1, bod c), případně sráženého uhličitánu vápenatého (precipitated calcium carbonate, PCC) (obr. 3, bod d). Nakoupená suspenze PCC o sušnině 15–30 % se dávákuje do dekantátu či filtrátu 1. saturované šťávy z míchané nádrže o objemu 30–60 m³, v množství 1 m³·h⁻¹ suspenze pro závod o kapacitě 7 000 t·d⁻¹ ř., což odpovídá

Obr. 3. Schéma epurační linky



PCC – srážený uhličitán vápenatý, CaO – na obrázku označuje vápenné mléko, CO₂ – označuje saturační plyn, bufor – vyrovnávací nádrž; některé doplňkové operace pro zpracování alterované řepy: a – recirkulace 1. saturované šťávy, b – rozdělení 1. saturace na 2 reakční nádoby, c – přírůstek vápna před 2. saturací, d – dávkování PCC, e – obchod předčeřené a/nebo dočeřené.

- 1 kg suš. na 1 t ř. Podle NURMI (12) má mít v této suspenzi kalcit kosočtverečné krystaly o velikosti částic 2–3 μm ,
- nedostatečný přídavek vápna,
- nedostatečný přídavek flokulantu.

Nevhodná filtrovatelnost a sedimentovatelnost 1. saturované šťávy, „ucpávání“ plachetek:

- nevyhovující kvalita surové šťávy (alterovaná řepa, vyšší obsah koloidních látek v surové šťávě, které způsobí tvorbu malých částic saturační sráženiny), vysoký obsah drtě v surové šťávě. V prvním případě je možné aplikovat enzym dextranasu, který zmenší molární hmotnost dextranu, což se projeví nižší viskozitou suspenze, která příznivě ovlivní krystalizaci CaCO_3 a zlepšit filtrační rychlost na kalolisech. Zvýšený obsah drtě svědčí o vadné funkci lapače drtě nebo o protržení síta na extraktoru,
- nízký přídavek vápna, viz dříve,
- nedosaturování nebo přesaturování šťávy (viz příliš nízká nebo vysoká alkalita 1. a 2. saturované šťávy),
- nízká teplota saturované šťávy (u 1. saturace by měla být 82 °C, u 2. saturace 95 °C), což úzce souvisí s viskozitou kapalné fáze, nízká teplota je obvykle způsobena inkrustací na zahřívacích (tedy dochází ke špatnému prostupu tepla) nebo inkrustací na odparce (ta vede k nedostatku odpovídající brýdové páry), vliv může mít i delší doba zdržení v nedostatečně izolované nádrži,
- příliš velká recirkulace zahuštěného podílu 1. saturované šťávy,
- nedostatečné dávkování flokulačních činidel,
- diskontinuální dávkování zahuštěného podílu 2. saturované šťávy do vstupu či výstupu z dekantéru,
- nevhodná čerpací technika, působící rozbití částic vytvořeného saturačního kalu,
- mikrobiální kontaminace při extrakci a při předčeření, viz dříve,
- viskozitu na vstupu do saturace lze snížit i recirkulací filtrované 1. saturované šťávy (obr. 3, bod a),
- při nerovnoměrné velikosti částic saturačního kalu lze doporučit dávkování vápenného mléka do 2. saturace nebo přidat srážený uhličitán vápenatý a rovnoměrně jej dávkovat do šťávy (obr. 3, bod d, viz též vysoký zákal filtrované 1. a 2. saturované šťávy),
- s výhodou lze využít rozdělení 1. saturace na dvě tělesa, pokud jsou v závodě k dispozici (obr. 3, bod b),
- pokud není účinné žádné z předchozích opatření a surová šťáva má výrazně zhoršenou čistotu, lze uvažovat i o obchodu předčeření, případně i dočeření (obr. 3, bod e). Lze tak zlepšit filtrovatelnost šťávy za cenu nízkého epuračního efektu, negativním důsledkem je však vysoký zůstatek cukru v melase.

Vysoký obsah cukru v saturačním kalu:

- nedosaturovaná šťáva, viz dříve,
- nedostatečné množství vody pro vyslazení kalolisů, její nízká teplota (má být > 65 °C). Zainkrustované plachetky jsou méně propustné i pro vodu. Je třeba aplikovat vhodný ostřík plachetek tlakovou vodou, případně je vykyselit,
- nízká teplota při saturaci,
- nízký přídavek vápna, vysoký obsah koloidních látek v surové šťávě.

Malá životnost plachetek:

- nevhodné vlastnosti kalu, které nutí obsluhu filtru mechanicky seškrabovat kal z plachetky (viz nevhodná filtrovatelnost),

- je třeba respektovat typ tkaniny a doporučení výrobce, pro které teploty a pH je tkanina určena,
- častý ostřík a kyselení plachetek,
- srážení plachetek – pokud nová plachetka mění svůj objem (délku), nebyl vybrán vhodný materiál. V tomto případě by bylo možné materiál nejprve teplotou srážet, a teprve potom z tohoto materiálu ušít potřebnou plachetku. V praxi by při násilném povlékání malé plachetky došlo ke vzniku děr ve tkanině.

Literatura

1. HENKE, S. ET AL.: *Technologie cukru*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2024.
2. VAN DER POEL, P.W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture*. Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin, 1998.
3. VUKOV, K.: Verfahren zur vergleichenden Bewertung der technologischen Ergebnisse bei der Verarbeitung von Zuckerrüben von unterschiedlicher Qualität. *Zucker*, 27, 1974, s. 23–26.
4. VUKOV, K.: La teneur en sels de chaux des jus de sucrerie. *Sucr. belge* 87, 1968, s. 407–415.
5. GEBLER, J. ET AL.: Výroba saturačního plynu a vápenného mléka. In *Cukrovarnický kalendář 1997*. VUC Praha.
6. DE BRUIJN, J. M.: Key performance indicators and set-points in sugar beet processing. *Sugar Ind./Zuckerind.*, 146, 2021, s. 272–283.
7. HENRY, J.: Quelques grands principes d'épuration dans une sucrerie. *Sucr. belge*, 80, 1966 (7), s. 1–9.
8. VUKOV, K.: Cukorgyári levek hőstabilitása. V. Szín és invertcukor tartalom világos lében. *Cukoripar*, 19, 1966, s. 101–106.
9. OSVALD, R.; ČEPELÁK, J.; HAVLOVÁ, E.: *Vypracování efektivních epuračních postupů*. (Výroční zpráva), VÚC Praha – Modřany, 1976.
10. VIGH, A.: A létsztítás elméleti kérdései. IV. *Cukoripar*, 32, 1979, s. 108–115.
11. REVA, L. P.; SIMACHINA, G. A.; LOGVIN, V. M.: Stabilnost' preddefekatsionnykh osadkov diffuzionnogo soka sveklosakharnykh zavodov. *Izv. VUZ Pišč. Technol.*, 1980 (3), s. 49–52.
12. NURMI, H.: Experiences in using precipitated calcium carbonate at Danisco Sugar. *Sugar Ind./Zuckerind.*, 133, 2008, s. 508–511.
13. KOVAŘÍK, A. ET AL.: *Závady v cukrovarnické výrobě*. Praha: SNTL, 1982.

