

CUKROVARNICKÁ TECHNOLOGIE – DÍL II.

Manipulace s řepou

SUGAR TECHNOLOGY – HANDLING BEET

Pavel Kadlec – Vysoká škola chemicko technologická v Praze

Přejímka řepy, řepná surovinová laboratoř

Skližená řepa se v cukrovaru přejímá ke zpracování podle cukernatosti a k tomu účelu jsou cukrovarny vybaveny řepnými surovinovými laboratořemi, které se skládají ze dvou částí, manipulační a laboratorně-analytické. V manipulační části se nejprve zváží hmotnost vzorku 20–25 kg nečisté řepy, řepa se v pračce vypere, na manipulačním pásu se provede manuální kontrola a čištění řep včetně ořezu zbytků chrástu na hlavách bulev, zváží se hmotnost vzorku očištěné řepy, která se následně rozřeže na pilkové řezače na jemnou kaši. Na základě údajů hmotnosti nečisté a očištěné řepy se stanoví korekce na hmotnost minerálních a rostlinných příměsí v dodávané řepě. V laboratorně-analytické části se ke zváženému zhomogenizovanému vzorku řepné kaše přidá na poměrových váhách roztok čeridla, řepná kaše s čeridlem se mixuje, filtruje a v analytické části se stanoví základní kvalitativní parametry vzorku řepy, tj. obsah cukru, sodíku a draslíku a α -aminodusíku, které ovlivňují výtěžnost cukru z řepy.

V práci (1) je podrobně zdůvodněn ještě význam stanovení obsahu redukcujících látek (invertu) při přejímce řepy, vzhledem k tomu, že se jedná o důležitý parametr, který má negativní vliv na výtěžnost cukru. Zahnutí obsahu redukcujících látek jako dalšího parametru do výpočtu ztrát cukru v melase a tím i výtěžnosti cukru je velkým pokrokem směrem k predikci technologických efektů při kolísající kvalitě řepy, zvláště při dlouhých kampaních a zpracování poškozené řepy (2).

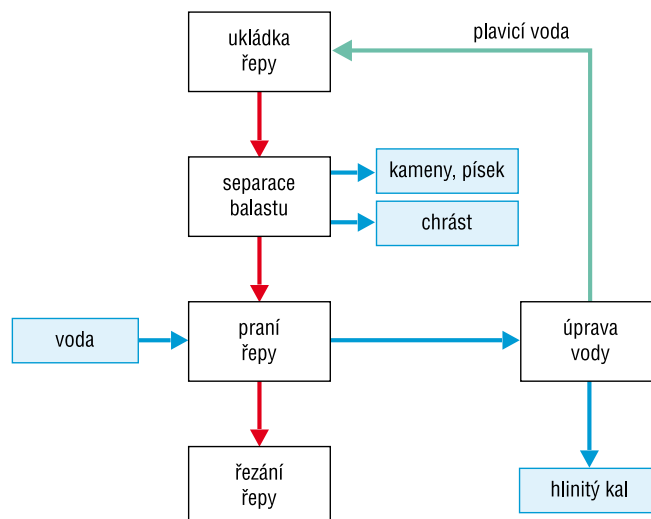
Manipulace s řepou na mechanizovaných složištích

Zpracování sklizené cukrové řepy (řepná kampaň) v našich cukrovaroch začíná obvykle v prvním týdnu září a končí v některých cukrovaroch až koncem ledna nebo v prvním týdnu února následujícího roku. Trendem posledních let je prodlužování doby kampaně, celková délka kampaně se tak může pohybovat od 130 do 150 dnů (3, 4, 5, 6)

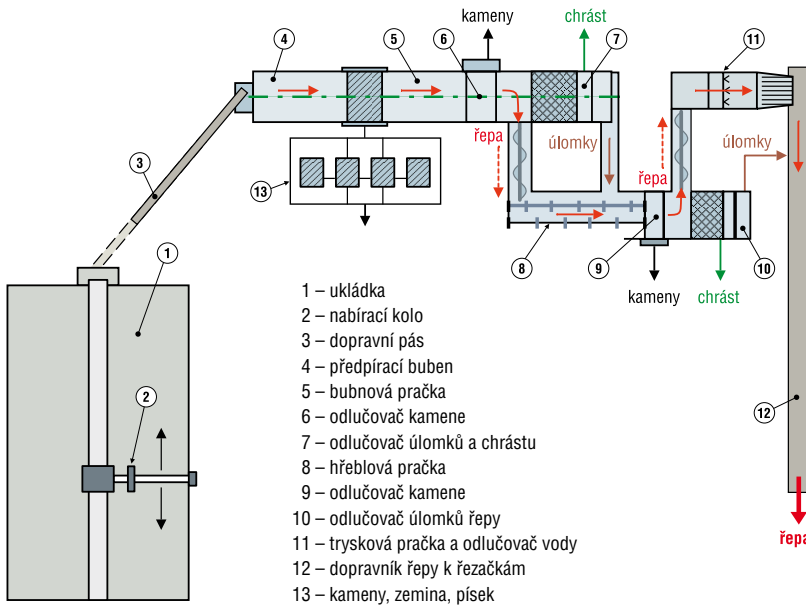
Manipulace se sklizenou řepou dopravovanou ke zpracování do cukrovarů probíhá na mechanizovaných složištích (obr. 1.). Tyto manipulace, tj. skládání z dopravních prostředků, separace minerálních i rostlinných nečistot, ukládání na vlastní ukládku, kde se řepa vrší na hromady o výšce 6–8 m pomocí mechanických nakladačů nebo ukládacích strojů a dopravu ke zpracování je možno provádět dvojím způsobem, suchým nebo kombinovaným. Progresivní je suchý způsob, kde všechny výše uvedené operace probíhají suchou cestou, prostorem ukládky

jsou betonové plochy; doprava řepy na ukládku i z ukládky se provádí pomocí pásových dopravníků. Při kombinovaném způsobu probíhá skládka, separace nečistot a doprava k ukládce i ke zpracování mokrou cestou, pouze vlastní ukládky je suchá. Prostorem ukládky u tohoto kombinovaného způsobu jsou povrchové mělké splavy se sklonem ke středu ukládky asi 4 %, kde je přikrytý plavící kanál, tzv. kyneta, Riedinger. Tento plavící kanál je široký 30–50 cm, hluboký 60–100 cm a slouží k vyskládňování řepy z ukládky. K tomu se používá proud tlakové plavící vody, proudící ze splachovacích hubic Fölsche, které jsou rozmístěny podél ukládky. Splachovací hubice Fölsche jsou přenosné, obsluha je ruční nebo dálková z centrálního velínu ukládky. Dostřik proudu vody je 35–40 m, spotřeba plavící vody je 400–800 % ř. Rychlost proudu řepy s vodou v plavícím kanálu nesmí klesnout (s ohledem na přítomnost písku, kamenů, hlíny) pod $0,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kdy dochází k usazování těchto příměsí na dno kynety. Pro dobré plavení je nutno dosáhnout rychlosti proudu vody a řepy $1,6\text{--}1,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro docílení této rychlosti je třeba, aby spád kynety (nikoli spád hladiny) byl 20–25 mm na běžný metr délky, v ohybech kynety pak $30\text{--}40 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-1}$. Rychlost proudění v kynetě snižují všechna zařízení v ní umístěná, jako jsou lapače kamenů, chrástu, uzavírací a regulační hradítka. K regulaci plavení se používá mechanických pulzujících hradítek, nejjednodušší je tyčové hradítko, které zadržuje řepu a propouští vodu. V hlubokých kynetách jsou umístěny první lapače kamenů

Obr. 1. Schéma manipulace s řepou



Obr. 2. Schéma ukládky a prací linky firmy Maguin



a písku, které pracují na principu sedimentace těžších příměsí při snížené rychlosti proudění. Usazený balast je z kynety vynášen vyhrnovací lopatkou, umístěnou na otočném kole.

Doprava řepy a separace balastu

Řepa s vodou se z hluboké betonové kynety zvedá do ocelové kynety, umístěné na konstrukci ve výši 5–6 m nad zemí. Toto řešení umožňuje plynulé odvázení balastu separovaného v dalších lapačích kamene a chrástu, který padá do betonových boxů nebo do připravených dopravních prostředků. Ke zvedání směsi řepy s vodou se používají řepná čerpadla. Je to zvláštní



typ odstředivého čerpadla, které má jednoduché oběžné kolo se 2–3 lopatkami se zaoblenou hranou. Řepa s vodou se přivádí bočně do středu čerpadla, vertikální výtlač je na obvodu. Mezery mezi lopatkami čerpadla musí být minimálně 350 mm, aby se čerpadlo neucpávalo řepou. V čerpadle dochází ke značnému poškození řep, obvodová rychlost zde je 0,4–0,5 m·s⁻¹, frekvence otáčení 160–250 min⁻¹. Tím se reguluje výkon čerpadla i výtlačná výška, která může být až 25 m. Účinnost čerpadla je 35 %. Nejobvyklejší závadou při dopravě řepy čerpadlem je nedodržení poměru řepa : voda. Je nutné, aby tento poměr byl 1 : 5–6, jinak dochází ke zvýšenému poškození řep v čerpadle.

Další zařízení na separaci balastu jsou instalována ve výškových kynetách. Jedná se o 2–3 lapače kamenů a lapače chrástu. Všechny lapače kamenů pracují na principu sedimentace těžších příměsí při snížené rychlosti proudění. Ke snížení rychlosti proudění dojde tím, že je v místě lapače rozšířena kyneta, kterou se dopravuje řepa ke zpracování.

Po separaci kamenů a chrástu následuje oddělení špinavé plavící vody. K odloučení vody se používá zařízení různých typů, např. válečkový odlučovač, prutový rošt nebo vibrační síta. Oddělení špinavé vody se provádí proto, aby nedocházelo při následujícím praní řepy v pračce ke znečišťování čisté prací vody.

Praní řepy

Cílem praní řepy je odstranění nečistot ulpělých na povrchu budev. Účinné praní řepy přímo ovlivňuje kontaminaci řepy v extraktoru, opotřebení nožů na rezačkách a tím i kvalitu řepných řízků a kvalitu surové šťávy a konečně i mechanické opotřebení extraktorů, řízkolisů, čerpadel a dalších zařízení abrazí.

Řepné pračky pracují protiproudě, tzn., že čistá voda se přivádí na vypranou řepu. Voda používaná k praní má mít teplotu 5–15 °C, maximálně 20 °C, má být neutrální a co nejméně kontaminovaná. Rozeznáváme tři typy řepných praček: bubnové, hřeblové (žlabové) a vibrační tryskové (sprchové).

Bubnová pračka má tvar horizontálního bubnu (průměr až 3,8 m, délka 11 m). Řepa vstupuje do první části pračky, což je předpírací buben. Zde je intenzivně promíchávána s vodou systémem lopatek a dopravována do druhé části bubnu vnitřní spirálou. V předpírací zóně se odstraní písek a zbytky chrástu, prací voda prochází pračkou protiproudě, špinavá voda odchází speciálním sítím a s ní odchází i plovoucí zbytky chrástu a plevele. K oddělení kamenů a řepy se často využívá principu flotace, což je výhodné zejména při oddělování látek o relativně málo rozdílné hustotě.

Hřeblová pračka je 10–12 m dlouhý otevřený žlab, ve kterém hřídel s míchacími rameny promíchává bulvy řepy v prací vodě. Ve spodní části pračky jsou umístěny lapače kamenů a písku, jejichž uzávěry jsou ovládány hydraulicky. Na konci pračky se řepa vyhrnuje vyhrnovacími lopatkami na odlučovač vody. Spotřeba vody na praní je 150 % ř., frekvence otáčení 7–10 min⁻¹ a doba praní 5–10 min.

Ve vibrační tryskové (sprchové) pračce se řepa dopravuje po dvou vibračních sítích nebo po kotoučovém odlučovači

a je oplachována vodou z trysek, umístěných v několika řadách nad síty. Aby došlo k dokonalému oprání řep, je nutný jejich rotační posun. Spotřeba vody je zde nízká 50–100 % ř., doba průchodu řepy pračkou je výrazně krátká 15–20 s. Sprchovací voda musí být dokonale zbavena nečistot, aby nedocházelo k ucpávání trysek. Sprchování řepy v pračce bývá často kombinováno s dávkováním dezinfekčních prostředků.

V řadě moderních cukrovarů se řepa pere ve dvou nebo třech pračkách různého typu, instalovaných za sebou. To je např. znázorněno na obr. 2. prací linky firmy Maguin, kde se využívají všechny 3 typy řepných praček. Tato linka se s výhodou uplatňuje především u suché ukládky řepy. Řepa se nejprve pere v bubnové pračce a odtud pokračuje do hřeblové (žlabové) pračky. Chrást a úlomky řepy se oddělují z prací vody na sítupásovém odlučovači, kde dochází k separaci na nezpracovatelný chrást a plevel a na zpracovatelné úlomky řep, které se vrací do hřeblové pračky. Za hřeblovou pračkou jsou další lapače kamenů a chrástu. Poslední stupeň praní je v tryskové pračce, za níž dochází k odloučení vody.

Separace řepných úlomků a kořínků

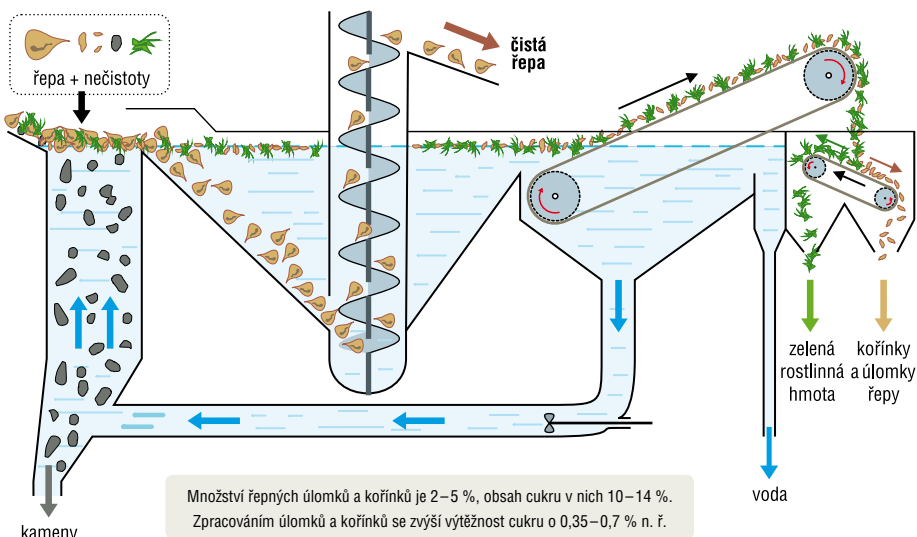
Na průběh prvních technologických operací při manipulaci s řepou má rozhodující vliv textura řepné tkáně. Pevnost, křehkost, lámavost a elasticita řepné tkáně silně ovlivňují, jak řepa vydrží mechanické namáhání při dopravě a praní řepy. Mechanizace prací při sklizni, dopravě a příjmu řepy zvyšuje množství řepných úlomků a kořínků. Úlomky řep o velikosti 1–10 mm je nutno oddělit od hlavního proudu řepy a zpracovat je odděleně.

Nedílnou součástí linky na příjem a praní řepy je proto separace řepných úlomků a kořínků (obr. 3.), jejichž množství se pohybuje okolo 2–5 % s obsahem cukru 10–14 %. Zpracováním úlomků a kořínků se tak zvýší výtěžnost cukru z řepy o 0,35–0,70 % ř., což je pro ekonomiku provozu značně důležité. U moderních linek padají ze separátoru kořínky odloučené kořínky spolu s rostlinným balastem na střed šikmého pásového dopravníku nebo na široký otáčející se válec, který funguje jako dělič kořínků. Nezpracovatelný podíl chrástu, plevele a rostlinných příměsí je unášen dopravníkem, resp. povrchem válce nahoru, zde přepadá do výsypky, odváží se a používá ke krmení. Zpracovatelný podíl, což jsou řepné úlomky a kořínky, se po šikmém dopravním pásu kutálejí dolů a padají na dopravník, který je unáší přímo do zásobníku nad rezačkami. Tento způsob separace kořínků je výhodnější než drcení kořínků, které se provádělo dříve.

Ochrana skladované cukrovky

Při skladování sklizené cukrovky, ať už na meziskládkách na poli, nebo na ukládce v cukrovaru, probíhají složité biologické, mikrobiologické a chemické pochody, které mají za následek

Obr. 3. Schéma separace kamenů, rostlinných příměsí a řepných úlomků



jak změnu složení cukrovky, tak především ztráty cukru, které závisí vedle zdravotního stavu cukrovky především na teplotě, době skladování a klimatických podmínkách. Při skladování cukrovky je nutno minimalizovat ztráty cukru a udržovat dobrou technologickou kvalitu cukrovky. S tím je spojen i požadavek minimalizace mechanického poškození řep při pádu bulev z velké výšky, je rozdíl padají-li řepy z výšky přímo na betonovou plochu nebo na hromadu již navršených řep. Mezi další problémy patří nedostatečné odstranění nečistot z povrchu bulev, kde zbytky zeminy a chrástu s plevem brání přirozenému větrání hromad řepy na ukládce. To pak má za následek zahřívání řep v hromadách, které přispívá k rozvoji destruktivní mikrobiální činnosti.

Dobu skladování cukrovky do začátku listopadu, která byla dříve v průměru 15–20 dnů, je nutno co nejvíce zkrátit, což lze zajistit sladěním harmonogramu sklizně a zpracování v cukrovaru, aby cukrovka byla zpracována prakticky bez skladování.



Tab. 1. Třístupňová separace zemitého kalu

Médium	Obsah sušiny (%)	Relativní množství (%)
Plavící voda	0,25	100
Kalný podíl z dekantéru	1,5	17
Kalný podíl z lamelového dekantéru	8	2,5
Kal z dekantáční odstředivky	60	0,85

Podle zralosti, zdravotního stavu bulev, stupně jejich poškození a podílu nečistot je nutno cukrovku na ukládce třídít. Je-li už na skládce v cukrovaru poškozená řepa, je možno doporučit silně alterovanou řepu nezpracovávat samotnou, ale přidávat ji v množství asi 10 % ke zdravé řepě. Hromady alterované řepy na skládkách by měly být nízké (2–3 m) a měly by se zpracovávat přednostně.

Při zpracování alterovaných řep je nutné provádět preventivní opatření dříve, než se skutečně objeví. Klíčové je dodržovat správná opatření jak při sklizni, tak při skladování. Vedle zhoršení kvality řep, které je způsobeno viry, bakteriemi nebo plísněmi, je velkým zdrojem ztrát cukru a snížení kvality dýchání (respirace) řep na skládkách. Z fyzikálních prostředků se v praxi uplatňuje především přirozené a umělé větrání hromad sklizené cukrovky. Podmínkou je, aby teplota vnějšího vzduchu byla nižší než teplota uvnitř hromady. Zvláště je důležité ochlazování řepných hromad v prvních 3–5 dnech po sklizni, kdy řepa intenzivně dýchá. S dýcháním řep jsou spojené typické degradační reakce, jejichž rychlost se exponenciálně zvyšuje s rostoucí teplotou. Existují dva faktory, které je nutno brát v úvahu v souvislosti s dýcháním řep při jejich skladování: uvolněné teplo při respiračních procesech a závislost rychlosti respirace na teplotě skladování. Teplo vyvinuté při dýchání je potřeba z hromady skladovaných řep odvést, jinak by se teplota uvnitř hromady stále zvyšovala a akcelerovala by rychlejší respiraci, ev. by následovalo nekontrolovatelné opakování cyklu zrychleného dýchání a zahřívání hromady řepy.

Jedním ze základních preventivních opatření při skladování řep sklizených od druhé poloviny listopadu je přikrývání hromad. Zde platí následující opatření:

- při teplotách nad 10 °C se hromady nemusí přikrývat, probíhá přirozené větrání,
- klesne-li okolní teplota pod 8–10 °C, pak by se měly hromady sklizené řepy přikrývat prodyšnou polypropylenovou plachtou, která umožňuje větrání a je i ochranou před deštěm,
- klesnou-li okolní teploty pod nulu je nutné kompletní přikrytí hromad řepy neprodyšnou plastovou plachtou,
- zvyší-li se následně teplota nad nulu, je nutno plachtu částečně odkrýt,
- kompromis, který zajistí ochranu před mrazem a současně nepřehřívání hromad, umožní otvory v plastové plachtě.

Denní ztráty cukernatosti při skladování sklizených řep se pohybují přibližně na úrovni 0,035 % ř.

Odstranění balastu na separační stanici je důležité z hlediska dlouhodobé skladovatelnosti řepy na ukládce. Je-li celkový objem ukládky řepy 100 %, připadá z toho na řepu 60 % a na vzduchové kanály a mezery okolo řep 40 %. Neodstraněný zemitý i rostlinný balast zmenšuje objem tohoto volného prostoru, což zhoršuje přirozené provětrávání a cirkulaci vzduchu hromadou řepy. Při snížení tohoto objemu na 10 % objemu hromady a méně se zastavuje přirozené provětrávání, řepa se zahřívá a hnije. Hlavními skládkovými mikroorganismy jsou plísně *Penicilium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria tennis*, *Cladosporium turbarum*, *Mucor biemalis*.

Při trvale vysokém znečištění řepy dodávané do cukrovaru a nedostatečné funkci separačních zařízení na odloučení balastu se doporučuje řepu před vlastní ukládkou předeprat na sprchové pračce, opláchnout a dezinfikovat v rotujícím bubnu vápenným mlékem o koncentraci 6 % CaO nebo chemickými fungicidními prostředky. Předepraná řepa se ukládá již suchou cestou na akumulační část ukládky, kde je aktivně větrána a chemicky ošetřována. Samotné předeprání řepy bez následné aktivní ochrany je neúčinné, spíše škodlivé, neboť praním se ztrácí přirozené ochranné látky, které se nacházejí v epidermu bulvy. Účinnou formou aktivní ochrany předeprané řepy je kombinace nuceného větrání s ošetřením chemickými prostředky.



Umělé větrání zajišťují ventilátory, které vhánějí vzduch do prostoru ukládky pomocí vzduchovodů, umístěných příčně k podélné ose ukládky nad jejím povrchem. Provětrávaná část ukládky je vybavena zařízením pro dálkové měření teplot, tyto údaje lze sledovat v centrálním velínu a podle nich pak regulovat intenzitu větrání.

Z používaných chemických prostředků je nejjednodušší použití zředěného vápenného mléka, což je 5 % suspenze CaO a Ca(OH)₂ o hustotě 1 040 kg·m⁻³, tj. koncentrace CaO 53 kg·m⁻³ s přídatkem 3 % chlorového vápna nebo 1 % formalínu, spotřeba 10 l·t⁻¹ ř., Toto ošetření přepracované řepy dále sníží ztráty cukru. Další možností je použití fungicidních prostředků s inhibičními, retardačními a dezinfekčními vlastnostmi. Fungicidní prostředky (Fundazol) se používají ve formě vodné suspenze o koncentraci 0,3 %, spotřeba 8–10 l·t⁻¹ ř., aktivní ochranou lze snížit ztráty cukru.

Okruh plavicích a pracích vod a odvodňování zemitéch kalů

Plavicí a prací vody se zbavují zemitého sedimentu v dekantérech nebo usazovacích jámách. Na úseku plavicích a pracích vod se výhradně pracuje s uzavřeným okruhem vod, spotřeba plavicí vody je 400–800 % ř. Na plavicí vodu jsou relativně nízké nároky z hlediska její kvality, teplota by měla být do 20 °C, pH v rozmezí hodnot 7,0–7,5 (v případě potřeby se upravuje přídatkem vápenného mléka). Při praní čerstvé řepy dopravované suchou cestou a při použití 2 řepných praček jsou ztráty cukru 0,12–0,15 % ř. Ke konci kampaně se mohou ztráty cukru při dopravě a praní zvyšovat až k hodnotám 0,30–0,40 % ř.

Čištění plavicích a pracích vod spočívá v mechanickém oddělení rostlinných příměsí na pásových odlučovačích a v separaci zemitéch kalů a nerozpustných látek sedimentací po alkalizaci na pH 10–11.

Vedle ztrát cukru ve formě rozbitých kusů řep dochází k dalším ztrátám vyplavováním cukru z otevřených řepných buněk na povrchu bulev prací a plavicí vodou. Tím dochází u těchto vod k nárůstu hodnot chemické spotřeby kyslíku (CHSK) těchto vod. Je potřeba se pokud možno vyhnout nárůstu CHSK, což souvisí s nárůstem znečištění a kontaminace vod, kterou je nutno pak čistit v biologické čistírně vod.

V minulosti se zemité kaly odvodňovaly přirozeným odpařováním a průsakem na kalových polích, což je ze současného hlediska ochrany životního prostředí nepřijatelné. Moderní způsoby odvodňování zemitéch kalů spočívají v kombinaci následujících postupů: sedimentace v usazovacích; odvodnění kalu na sítopásových lisech; odvodnění kalu na dekantačních odstředivkách. Příkladem takové kombinace je třístupňová separace zemitého kalu v tab. I.

Odvodněný zemité kal lze využít ke kompostování, při kterém proběhne mikrobiální rozklad organických látek, dojde ke zlepšení struktury a textury kalu a k vyrovnání poměru živin. Běžně se ale zemina odváží zemědělci.

Literatura

- KADLEC, P.: Vliv redukcí látek (invertu) v řepě na ztráty cukru v melase a výtěžnost bílého cukru. *Listy cukrov. řepář.*, 139, 2023 (4), s. 156–159.
- DE BRUIJN, J. M.: Impact of beet quality on sugar manufacture. Part 2. Impact of invert sugar on beet processing. *Sugar Ind.*, 145, 2020 (3), s. 154–160.
- KADLEC, P.: Manipulace s řepou. Těžení šťávy. In BUBNÍK, Z. ET AL.: *Nové směry v technologii cukru*. VŠCHT Praha a VUC Praha, 2006.
- KADLEC, P.; HENKE, S.: *Přednášky Technologie cukru pro bakalářské a magisterské studium*. FPBT VŠCHT Praha, 2022.
- KADLEC, P.: Technologie cukru. s. 429–448. In KADLEC, P.; MELZOCH, K.; VOJDŘICH, M. (ED.) ET AL.: *Technologie potravin – Přehled tradičních potravinářských výroby*. Ostrava: KEY Publishing, 2012, 569 s.
- KOL.: Cukrovarnické tabulky. Technologické minimum. s. 234–239. In *Cukrovarnický kalendář*. Praha: Cukrpol Praha Modřany, Výzkumný ústav cukrovarnický, 1993.