

Těžení šťávy – část 2. Extraktory

SUGAR TECHNOLOGY – JUICE EXTRACTION – PART 2. EXTRACTORS

Svatopluk Henke, Pavel Kadlec, Evžen Šárka – Vysoká škola chemicko technologická v Praze

Extraktory

K těžení surové šťávy z řepných řízku se používají extraktory, což jsou mechanizované a plně automatizované kontinuální aparáty s protiproudým tokem řízku a extrakční vody. K obsluze extraktoru stačí jeden pracovník u velínu. Nejčastěji se vyskytující konstrukce extraktorů jsou extraktory věžové, žlabové a bubnové (rotační), velice zřídka se používají v řepném cukrovarnictví ještě extraktory skrápěcí. Podle způsobu práce rozlišujeme extraktory, které pracují se spařováním řízku nebo bez spařování (1–5).

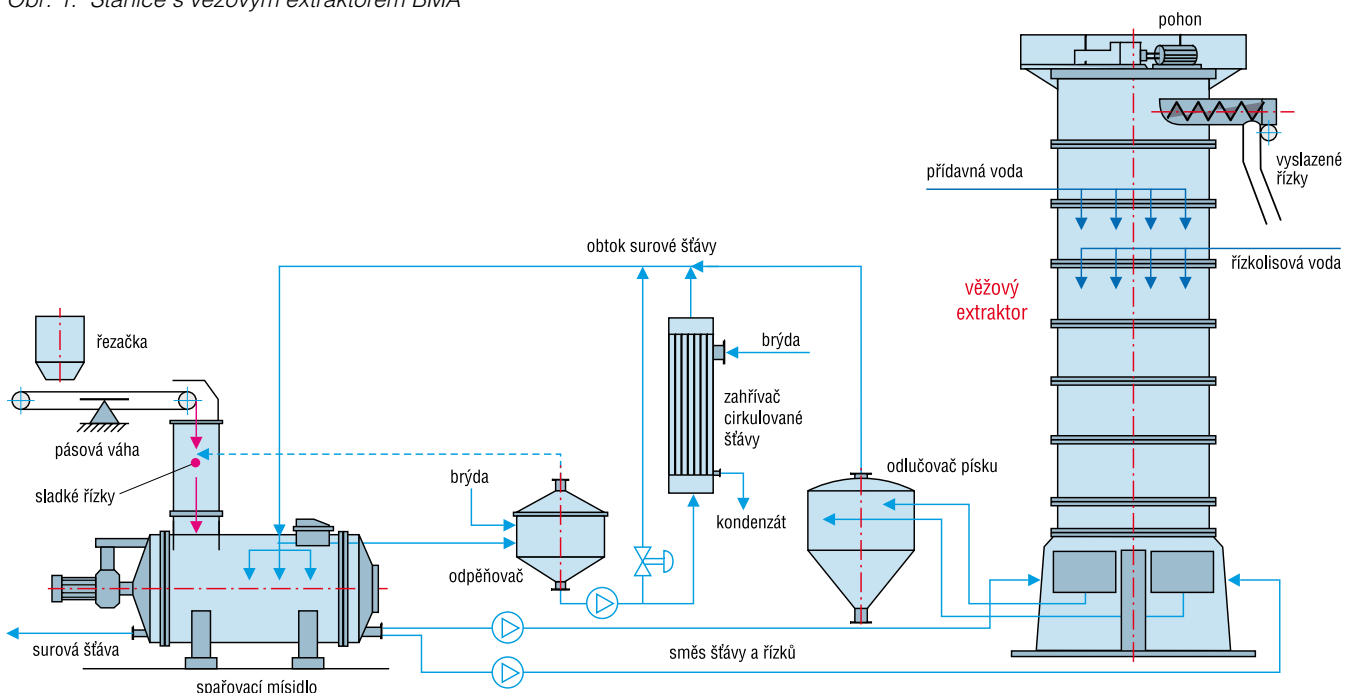
V případě spařování řízku se řepné řízky před vstupem do extraktoru nejprve prohřejí ve spařovacím mísidle, a pak se extrahují v extraktoru vodou při teplotě 70–75 °C. U extraktorů, které pracují bez spařování, se studené řízky vedou přímo do extraktoru, v jehož vstupní části dojde zahřátím na teplotu 72 °C k tepelné denaturaci buněčné stěny.

Věžový extraktor BMA tvoří tepelně izolovaná věž kruhového průřezu, ve které je umístěn dutý hřídel s lopatkami umístěnými ve tvaru stoupající dvojité šnekovnice. Mezi tyto lopatky zasahují ploché zadržovávky upevněné zevnitř na plášti extraktoru. Před extraktorem procházejí řízky protiproudým spařovacím mísidlem.

První dvě třetiny tohoto mísidla slouží jako tepelný výměník pro ohřev sladkých řízku surovou šťávou. Rozdíl teplot obou médií je jen 10–15 °C, takže odtahovaná surová šťáva je sladkými řízky ochlazená na teplotu 20 °C. Ve druhé části mísidla se ohřáté řízky mísí po dobu 15 min s horkou cirkulační surovou šťávou, množství této cirkulační šťávy je asi 275 % ř. Takto uspořádané spařování řízku je vysoce energeticky úsporné. Stanice s věžovým extraktorem BMA je znázorněna na obr. 1.

Ohřáté sladké řízky vstupují do spodní části extraktoru a jsou unášeny dopravním systémem od spodní části věže směrem nahoru, protiproudě stéká extrakční voda. Během dopravy jsou řízky značně namáhány, proto je vhodné pracovat se silnějšími řízky (nože 8,2 × 6 mm), aby případná drť neucpávala odtahová síta ve spodní části věže, přes které se odvádí surová šťáva. Plášť extraktoru není vytápěn. Surová šťáva se odvádí ze spodní části extraktoru přes odtahovací síta. U věžového extraktoru BMA dochází k omezenému styku řízku se vzduchem, a to snižuje riziko růstu aerobních mikroorganismů. Extraktor zaujímá malou zastavěnou plochu, často bývá instalován mimo budovu cukrovaru a jeho výkon je vysoce flexibilní i při nevytížení aparátu. Nevýhodou je značná složitost zařízení a náročná údržba.

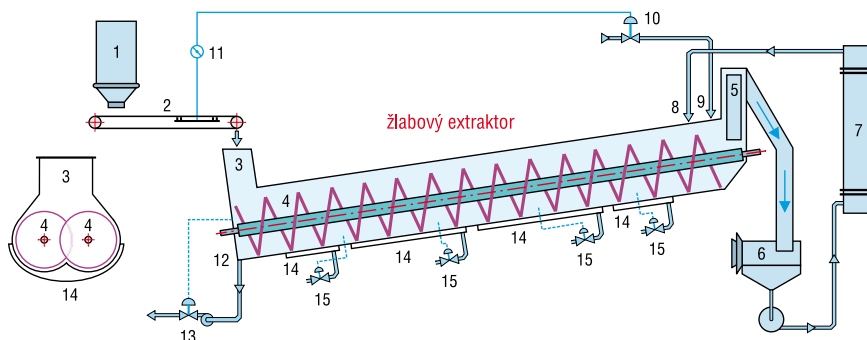
Obr. 1. Stanice s věžovým extraktorem BMA



Nejznámějším žlabovým extraktorem je zařízení dánské firmy DDS (De Danske Sukkerfabriker A. S., Copenhagen). Teoretické podklady ke konstrukci tohoto typu extraktoru zpracoval dánský cukrovarník Brunüche-Olsen. Licenční polský výrobek ZUP Nysa má označení DC. Žlabový extraktor DDS je šikmo nakloněný žlab se sklonem 8°. Transport řízků obstarávají dvě rovnoběžné šnekovnice z pásové oceli, otáčející se proti sobě, které do sebe zapadají asi do jedné třetiny svého průměru. V těchto extraktorech se řízky pohybují nahoru žlabem proti shora stékající extrakční vodě. Extraktor má topný plášť, rozdělený na 4 topné komory a vyhříváný brýdovou párou. Výkon extraktoru DDS lze zvýšit předřazením spařováků řízků. K výhodám extraktoru DDS patří dobrá výměna tepla v přední části extraktoru, možnost práce s nízkým odtahem pod 110 % a nízká spotřeba tepla. Mezi nevýhody patří dlouhý styk řízků se vzduchem, velká nehomogenita teplotního pole, mechanické drčení řízků, zvýšená náchylnost k ucpávání a citlivost na zarážky provozu. Schéma žlabového extraktoru je na obr. 2.

Základem bubnového rotačního extraktoru RT (původní výrobce Raffinerie Tirlemontoise, Belgie) (obr. 3.) je na rolnách umístěný tepelně izolovaný otáčivý buben s vnitřní vestavbou tvořenou 33–44 komorami, které tvoří rošty a oddělovací plechy. Tato vnitřní vestavba zajišťuje postupný pohyb řízků uvnitř bubnu proti toku extrakční vody. Jedná se o dvouchodou vestavbu, u níž nedochází k nárazovému namáhání bubnu při skluzu řízků po roštích. Doba zdržení řízků v extraktoru je dvojnásobná než doba zdržení šťávy. Součástí nových typů extraktorů je integrovaný výměník tepla sladké řízky – cirkulační šťáva, ve starších typech je předřazen spařovák řízků podobně jako u extraktoru BMA. Potřebné teplo je řízkům dodáváno cirkulační šťávou, která je odtahována z 9. komory a po záhřevu na 85 °C je vracena zpět do 8. komory. Podmínkou dobré činnosti je udržení teploty v bubnu v rozmezí 70–75 °C po celé délce extraktoru a dodržení teploty přídavné a řízkolisové vody na 75–80 °C. Extraktor RT pracuje s relativně vyšším hmotnostním odtahem 110–115 %, doba průchodu řízků extraktorem je 90–100 min, obsah cukru ve vyslazených řízcích je 0,3–0,5 %. K výhodám extraktoru RT počítáme šetné zacházení s řízků, docílení přesně určené doby extrakce s malým rozptylem doby zdržení řízků, neboť v extraktoru nedochází ke zpětným tokům. Získává se surová šťáva velmi dobré kvality, v extraktoru dochází k intenzivnímu provzdušňování řízků i šťávy, což podporuje průběh enzymové i neenzymové oxidace polyfenolických látek, vznikají sice silně zabarvené šťávy v důsledku přítomnosti barevných látek typu melaninů, ale tyto se spolehlivě odstraní při následující epuraci. Extraktor pracuje s dobrými výsledky v celém rozsahu kapacity zařízení a dobře na něm lze zpracovávat i zmrzlou

Obr. 2. Schéma žlabového extraktoru DDS včetně základních měřících a regulačních obvodů



1 – rezačka, 2 – pásová váha, 3 – sladké řízky, 4 – dopravní systém (dvě otáčející se šnekovnice), 5 – vyslazené řízky, 6 – řízkolis, 7 – zahříváč řízkolisové vody, 8 – vstup ohřáté řízkolisové vody, 9 – vstup přídavné vody, 10 – regulační ventil na vstupu přídavné vody do extraktoru, 11 – regulace poměru množství sladkých řízků a přídavné vody, 12 – výstup surové šťávy z extraktoru, 13 – regulační ventil na výstupu surové šťávy, 14 – temperační plášť extraktoru, 15 – regulační ventily na přívod páry do topných komor extraktoru

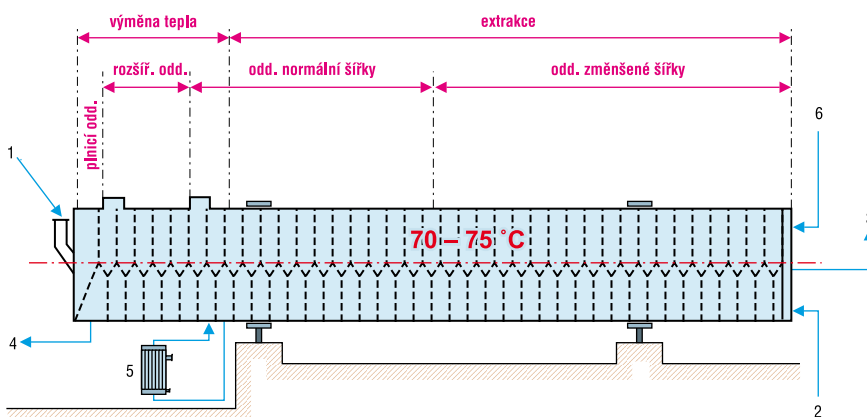
a alterovanou řepu. K nevýhodám patří velká zastavěná plocha, vysoké investiční náklady, velká hmotnost zařízení, náchylnost k pění a vysoká spotřeba tepla.

Tab. II. uvádí přehled klíčových parametrů a doporučených hodnot vybraných technologických parametrů na úseku těžení šťávy, jak byly shrnuty na základě dlouholetých zkušeností (6).

Automatizované řízení extraktorů

Hlavním cílem řízení extrakční stanice je dosáhnout zejména stabilizaci hmotnostních toků a teplot. Prvním měřícím místem je měření hmotnostního toku sladkých řízků na automatické pásové váze, tato veličina by měla být téměř konstantní, neboť je regulována podle výkonu rezaček. Od hmotnostního průtoku sladkých řízků se odvozuje přítok extrakční vody, která se skládá ze dvou složek: z čerstvé přídavné vody a vracené řízkolisové vody. Základním pravidlem řízení je dodržovat poměr průtoku

Obr. 3. Schéma rotačního bubnového extraktoru RT s integrovaným výměníkem tepla



1 – sladké řízky (plnění 100 %, 10 °C), 2 – přídavná a řízkolisová voda (100 %, 75–80 °C), 3 – vyslazené řízky, 4 – surová šťáva (odtah 115 %, 30 °C), 5 – zahříváč cirkulační surové šťávy (125 %, 85 °C), 6 – dezinfekční prostředek

Tab. I. Technologické parametry extraktorů

| Parametr | BMA | DDS | RT |
|---------------------------|---------|-----|------|
| Spotřeba páry (% ř.) | 2 | 2,8 | 3 |
| Hmotnostní odtah (% ř.) | 100–110 | 110 | 115 |
| Teplota surové šťávy (°C) | 20 | 30 | 20 |
| Znamé ztráty cukru (% ř.) | 0,25 | 0,3 | 0,25 |

sladkých řízků a extrakční vody, přičemž je nutno zpracovat veškerou vracenou řízkolisovou vodu. Průtoky se obvykle měří indukčními průtokoměry.

U regulace odtahované surové šťávy se jedná u žlabových extraktorů o řízení průtoku v závislosti na hladině šťávy v extraktoru, hlavním úkolem regulačního obvodu je plynulý odtah surové šťávy, vedlejším úkolem je udržení stabilní hladiny na šťávním konci extraktoru. Hladina se obvykle snímá na principu měření hydrostatického tlaku. V zájmu zajištění stabilního průtoku šťávy na dalších následných stanicích v cukrovaru (zahříváče, epurační linka), je za extraktorem instalována kapacitní nádrž, vyrovnávající výkyvy průtoku.

Měření a regulace teploty v extraktoru zabezpečuje dodržení teplotního režimu v jednotlivých místech extraktoru, teplota se snímá odporovými teploměry. Automaticky je rovněž zajištěna úprava pH přídavné vody a časované dávkování dezinfekčního prostředku podle naměřené hodnoty pH v jednotlivých místech extraktoru, dodržení teploty pasterace vracené řízkolisové vody a měření hladin v nádržích řízkolisové vody.

Umístění jednotlivých měřících a regulačních obvodů na extraktoru je znázorněno na schématu žlabového extraktoru (obr. 2.). Příklad řízení věžového extraktoru je podrobně popsán v práci (7).

Tab. II. Přehled klíčových indikátorů (KI) a doporučených hodnot (DH) technologických parametrů na úseku těžení šťávy; upraveno podle (6)

| Parametr | Zařízení/ meziprodukt | Jednotka | KI / DH | Doporučené hodnoty | | |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------|--------------------|--------------|----------|
| | | | | min. | cílové | max. |
| KVALITA SLADKÝCH ŘÍZKŮ | | | | | | |
| Délka sladkých řízků | extraktor RT věžový | m·100g ⁻¹ | KI | | 10–12 5–8 | |
| Obsah drtě | sladké řízky | % | KI | | 2-3 | 5 |
| EXTRAKTOR | | | | | | |
| pH | střed extraktoru | | DH | 4,5 | 5,5 | 5,5 |
| Teplota ve středu extraktoru | extraktor RT věžový | °C | DH | 71 68 | 72 70 | 73 72 |
| Teplota na konci extraktoru | extraktor RT věžový | °C | DH | 72 71 | | 74 73 |
| L-mléčnan | surová šťáva | mg·l ⁻¹ | KI | | | 150 |
| pH | čistá voda | | DH | | 4,5 | |
| Tvrdost | čistá voda | mg CaO·100ml ⁻¹ | DH | | 80–100 | 100 |

Mikrobiologická kontaminace při těžení šťávy

Výši neznámých ztrát při těžení šťávy rozhodujícím způsobem ovlivňuje mikrobiální činnost. Primárním zdrojem mikrobiálního znečištění je půda ulpělá na cukrovce, další kontaminace je vnášena nedostatečně odloučenou plavicí a především vracenou řízkolisovou vodou.

U vracené řízkolisové vody se dosáhne téměř úplné technické sterility pasterací při teplotě 80–100 °C. Řízkolisová voda se pasteruje v trubkovém nebo deskovém zahříváči po předchozím odstranění drtě. Výhodnější jsou deskové zahříváče, které se vyznačují vysokým součinitelem prostupu tepla a samočisticí schopností, tj. nedochází u nich k ucpávání nebo inkrustování topné plochy. Je ale nutné použít výměníky konstruované pro tekutiny obsahující suspendované látky. Případně je nutno okruh řízkolisových vod dezinfikovat.

Činnost mikroorganismů silně ovlivňuje teplota. Zde stojí proti sobě požadavky technické mikrobiologické sterility a požadavky technologické kvality extrakčního procesu. Při zvýšení teploty nad 75 °C se sice potlačuje metabolismus mikroorganismů (což by byl splněný požadavek mikrobiologický), ale současně přecházejí ze dřené do šťávy zvýšeným způsobem pektinové látky, zhoršující kvalitu surové šťávy. Má-li se v provozu těžit šťáva, a to pokud možno sterilně, docílí se toho při teplotách okolo 75 °C a nižších pouze při současném použití dezinfekčních prostředků. Obecně platí tato zásada: čím nižší je teplota na extrakci, tím vyšší je spotřeba dezinfekčních prostředků.

Surová šťáva představuje pro činnost mikroorganismů ideální prostředí, a to jak z hlediska složení šťávy (obsah sacharosu, pektinu, organických kyselin, bílkovin, aminokyselin aj.), hodnoty pH (hodnota pH v rozmezí 5,5–6,0 je pro růst bakterií vyhovující) i teploty. Při teplotách 15–45 °C (s optimem mezi 30–40 °C) se rozmnožují mezofilní mikroorganismy, které se uplatňují především u šťávného konce extraktoru. Nehrají však hlavní roli při rozkladu cukru, protože jejich buňky odumírají již po 5–10 min ohřevu na teplotu 60–70 °C. Tyto bakterie představují nebezpečí především pro surovou šťávu, v níž vytvářejí slizovité látky. Jedná se o aerobní a fakultativně anaerobní bakterie pocházející hlavně z půdy, které rozkládají sacharidy za vzniku organických kyselin. Spory těchto mikroorganismů přežívají teplotu nad 100 °C a patří do rodu *Bacillus*. Dále jsou to slizotvorné bakterie, produkující polysacharidy, a to dextrany – rod *Leuconostoc* (*L. mesenteroides*, *L. dextranicum*) nebo levany (*Streptococcus salivarius*, *Bacillus subtilis*, *Aerobacter levanicum*), kvasinky (*Candida*, *Torula*, *Saccharomyces*) a plísňe (rody *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*).

Termofilní mikroorganismy, jejichž teplotní rozmezí růstu je mezi 45–80 °C (s optimem mezi 50–60 °C) mají dobré podmínky pro svou činnost v prostřední části extraktoru a na jeho vodním konci. Zvýšením teploty nad 70 °C se růst těchto bakterií prakticky zastaví, tato teplota však nezničí jejich spory, takže

při každém ochlazení šťávy a řízků pod 70 °C začíná další rozvoj bakterií. Jsou to opět aerobní a fakultativně anaerobní bakterie pocházející z půdy, rod *Bacillus*, dále kokovité bakterie, anaerobní sporotvorné bakterie rodu *Clostridium* aj. Od dosažení teploty 55 °C převažuje v extraktoru činnost termofilních bakterií, které rozloží poměrně velké množství sacharosy. Řepné řízky obsahují 0,1–10 mil. mikrobů v 1 g, přičemž mezofilních mikroorganismů je tisíckrát více než termofilních.

Nejběžnějším metabolitem degradace sacharosy je kyselina mléčná (mléčné kvašení, *Lactobacillus*, asi 80 % rozloženého cukru) a kyselina octová (octové kvašení, *Acetobacter*, asi 20 % rozloženého cukru). Kyselina mléčná se v průběhu extrakce uvolňuje z řízků a snižuje pH šťávy (pod hodnotu 5,8 při 20 °C). Dále je mikrobiální činnost provázána tvorbou polysacharidů, redukcí dusičnanů na dusitany a tvorbou plynů, které znesnadňují průtok extraktorem apod.

Metody, sloužící k určení stupně kontaminace surové šťávy, jsou dvojího druhu:

- a) metody určující počet mikroorganismů, např. plotnová zředovací metoda podle Kocha,
- b) metody určující metabolickou činnost mikroorganismů:
 - určování biologické aktivity měřením pH, titračním stanovením poklesu alkality nebo pomocí barevných reakcí,
 - přímé stanovení obsahu kyseliny mléčné (titračně, chromatograficky, izotachoforézou, enzymovou elektrodou, kolorimetrické sety).

Činnost mikroorganismů je nutno včas potlačovat použitím vhodných dezinfekčních prostředků, čímž lze snížit neznámé ztráty cukru na extrakci o 50–60 %. Tato včasná dezinfekce se provádí např. ošetřením sladkých řízků na vstupu do extraktoru roztokem chlorového vápna a dávkováním dezinfekčních prostředků do různých míst extraktoru a do vrácené řízkolisové vody. Dezinfekci je nutno provést vždy při každé zářazce provozu extraktoru. Jako jeden z nejlepších způsobů sledování kontaminace extraktoru se osvědčilo pravidelné porovnání hodnot pH ve středu extraktoru s hodnotou pH surové šťávy. Zjištěný pokles pH signalizuje mikrobiologickou kontaminaci extraktoru.

Podle této indikace mikrobiologické kontroly se pak řídí dávkování dezinfekčních prostředků, které lze s výhodou automatizovat, např. pomocí dávkovacího čerpadla, které rozvádí dezinfekční prostředek ze zásobní nádrže polyetylenovými trubkami do 4 míst (vstup sladkých řízků do extraktoru, 2 místa ve středu extraktoru, okruh vrácených řízkolisových vod). Ovládání činnosti tohoto dávkovacího čerpadla je z velínu extraktoru, kde lze volit jak dávku dezinfekčního prostředku, tak i dobu dávkování. Pozitivního účinku lze dosáhnout i nízkými dávkami dezinfekčních prostředků, pokud se zázrak provádí již od začátku kampaně, dříve než rychlé množení mikroorganismů hrozí masivní kontaminací. Aby se předešlo citlivosti mikroorganismů vůči danému dezinfekčnímu prostředku, neměly by se dezinfekční prostředky dávkovat kontinuálně. Doporučuje se dezinfekční prostředky během kampaně střídát, aby se zabránilo křížové rezistenci mikroorganismů, tj. vytvoření odolnosti na daný dezinfekční prostředek.

Z dezinfekčních prostředků se používá technický formalín (asi 40% vodný roztok formaldehydu), dále chlorové vápno (práškovitá látka obsahující chlornan vápenatý, chlorid vápenatý a hydroxid vápenatý, obsahující nejméně 25 % aktivního chloru), chlornan sodný (vodný roztok NaClO, obsahující 14–15 %



aktivního chloru), Persteril (36–40% vodný roztok silně korozivní kyseliny peroctové CH₃COOOH), prostředky na bázi aktivního jódu (Jodonal, tekutý baktericidní přípravek, obsahující min. 1,75 % aktivního jódu), dithiokarbamáty (30–40% vodné roztoky derivátů dithiokarbamátů, mají desetinásobný účinek než formalín, dávkují se v množství 1–2,5 kg na 100 t ř.) aj.

Literatura

1. HENKE, S. ET AL.: *Technologie cukru*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2024.
2. KADLEC, P.: Manipulace s řepou. Těžení šťávy. In BUBNÍK, Z. ET AL.: *Úvod do cukrovarnické technologie*. Praha: VŠCHT a VUC, 2006.
3. KADLEC, P. ET AL.: *Přednášky z Technologie cukru pro bakalářské a magisterské studium*. Praha: FPBT VŠCHT, 2022.
4. KADLEC, P.: Technologie cukru. In KADLEC, P.; MELZOCH, K.; VOLDŘICH, M. (ED.) ET AL.: *Technologie potravin – Přehled tradičních potravinářských výrobních procesů*. Ostrava: KEY Publishing, 2012, s. 429–448.
5. GEBLER, J. ET AL.: Těžení surové šťávy. *Cukrovarnický kalendář 1995*. Praha: Cukrovarnický ústav – Modřany a. s., Výzkumný ústav cukrovarnický, 1995, s. 313–320.
6. DE BRUIJN, J. M.: Key performance indicators and set-points in sugar beet processing. *Sugar Industry*, 146, 2021 (5), s. 272–283.
7. KMÍNEK, M.; KADLEC, P.; ULRICH, V.: Řízení extraktoru – regulace systému s rozloženými parametry. In KADLEC, K.; KMÍNEK, M.; KADLEC, P. (ED.) ET AL.: *Měření a řízení chemických, potravinářských a biotechnologických procesů. Díl II. Řízení technologických procesů*. Ostrava: Key Publishing, 2017, s. 367–371.