

Vplyv dezinfekčných činidiel na extrakciu sacharózy z cukrovej repy

INFLUENCE ON EXTRACTION OF SACAROSE FROM SUGAR BEET BY DESINFECTION AGENTS

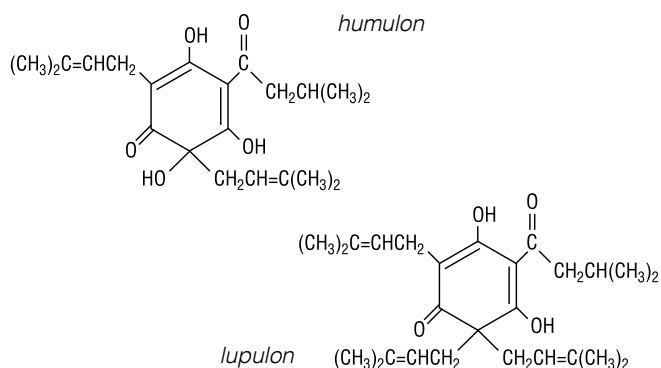
Marek Bennár, Tatiana Bojňanská – Slovenská Poľnohospodárska Univerzita v Nitre
Júlia Hambáľková, Viliam Lovas, Antonín Richter – Slovenské cukrovary, s. r. o., Sereď

V sladkých rezkoch počas extrakčného procesu prebiehajú nežiaduce mikrobiálne procesy, ktoré sú vážnym problémom pri kontinuálnej prevádzke extraktorov. Z uvedených dôvodov je odporúčané použiť vhodné dezinfekčné látky a dostatočne vysoké teploty, aby boli vytvorené nepriaznivé podmienky pre činnosť mikroorganizmov, ktorých nežiaducou aktivitou dochádza k znižovaniu pH a zvyšovaniu obsahu organických kyselín v difúznej šťave (1).

Organické kyseliny sa dostávajú do difúznej šťavy buď priamo z repy, alebo môžu vznikáť počas jej spracovania. V repy sú obsiahnuté väčšinou v malých koncentráciách ako prechodné alebo konečné produkty metabolizmu sacharidov. Medzi kyseliny, ktoré sa vyskytujú priamo v cukrovej repy patrí kyselina citrónová, šťavelová, jablčná, jantárová, adipová, vinná, mliečna, octová, mravčia (4). Ďalšie organické kyseliny vznikajú v difúznej šťave počas spracovania rozkladom sacharózy alebo invertného cukru vplyvom pH, teploty, činnosťou mikroorganizmov a rozkladom prítomných necukrov (16).

Jedným z hlavných produktov metabolizmu *Bacillus stearothermofilus*, ktorý tvorí až 95 % celkovej mikrofóry prítomnej v extrakčnom procese, je kyselina mliečna, ktorej obsah v difúznej šťave je ukazovateľom miery infekcie a predikuje výšku strát cukru. *Bacillus stearothermofilus* je termofilná baktéria, pre ktorú je optimálna teplota rozvoja v rozmedzí 55 °C až 65 °C, dokonca pre niektoré kmene až 80 °C (2).

Jednou z možností eliminácie činnosti mikroorganizmov je aplikácia dezinfekčných prostriedkov. Medzi klasicky používané dezinfekčné prostriedky patrí formalín, čo je vodný roztok s formaldehydom v koncentrácii 30–40 % používaný na dezinfekciu, ktorý sa v súčasnej dobe postupne vytráca z technologických postupov pre jeho nežiaduce vplyv na ľudský organizmus a je nahrádzaný novými dezinfekčnými prostriedkami. Jedným z moderných prostriedkov používaných v súčasnosti je produkt BetaStab®, ktorého zloženie je založené na *beta* chmeľových kyselinách, humulon a lupulon.



V súvislosti s používaním novodobých dezinfekčných prostriedkov je k dispozícii viacero publikácií (7, 12, 13), ktoré poukazujú na nové možnosti dezinfekcie počas extrakčného procesu, ako aj v priebehu ďalších etáp výroby v cukrovarníctve.

Jednou z príčin strát cukru v cukrovej repy (sacharózy) je jej rozklad na zmes glukózy a fruktózy označovanú ako invertný cukor. Invertný cukor sa nachádza v kvalitnej cukrovej repy v malých množstvách, avšak pri nekvalitne skladovanej a poškodenej repy sa jeho obsah zvyšuje. Pri extrakčnom procese prechádza invertný cukor z cukrovej repy do difúznej šťavy. Druhou možnosťou zvyšovania jeho obsahu v difúznej šťave je syntéza invertázy v dôsledku mikrobiálnej aktivity počas extrakcie. Invertáza následne štiepi sacharózu na invertný cukor, čím sa jeho obsah v difúznej šťave ďalej zvyšuje. Invertný cukor sa počas čistenia štiav degraduje na kyseliny a tak bezprostredne vplyva na straty cukru (16). Tento spôsob je možné považovať za hlavnú príčinu strát cukru. Podľa BARYGA (2) sú skutočné straty cukru vyvolané činnosťou mikroorganizmov väčšie, než uvádzajú autori, ktorí ich vypočítavajú z obsahu zistenej kyseliny mliečnej bez ohľadu na množstvo invertného cukru vznikajúceho práve v dôsledku rozvoja mikroorganizmov. SARGENT A SPENCER (14) uvádzajú, že tvorba kyselín je závislá od úrovne mikrobiálnej aktivity a typu extrakčného zariadenia. Pri vysokej mikrobiálnej aktivite až 95 % kyselín vzniká v dôsledku rozkladu sacharózy bez súvislosti s teplotou extrakcie a hodnotami pH.

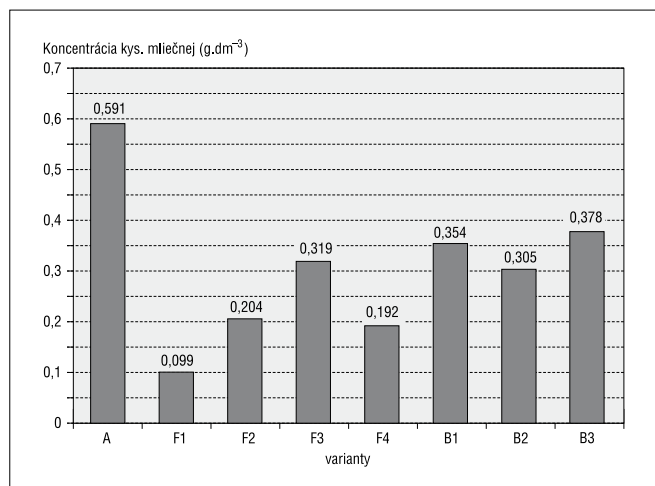
Cieľom práce bolo zistiť, resp. potvrdiť vzťah medzi mikrobiálnou kontamináciou, stratami cukru a zhoršením technologických parametrov, a zistiť účinnosť nového produktu BetaStab® pripraveného na báze chmeľových kyselín na dezinfekciu difúznej šťavy.

Materiál a metodika

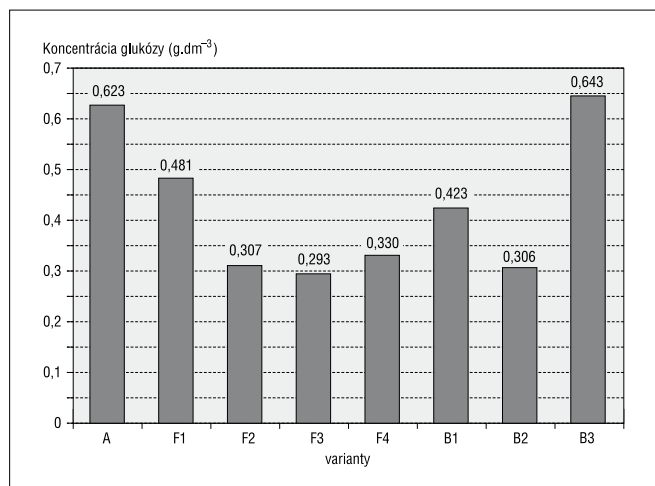
V prezentovanom príspevku sú analyzované výsledky získané v cukrovare v Sereďi, Slovenské cukrovary, s. r. o., počas kampane v roku 2008/09. Bolo realizovaných 8 variantov používania dezinfekčných prípravkov a kontrola bez dezinfekcie:

- A – bez mikrobiálnej dezinfekcie,
- F1 – formalín 80 dm³ do 1., 2., 3. komory extraktora, dávkovanie 8 dní každých 6 hodín,
- F2 – formalín 70 dm³ do 1., 2., 3. komory extraktora, dávkovanie 8 dní každých 6 hodín,
- F3 – formalín 50 dm³ do 1., 2., 3. komory extraktora, dávkovanie 8 dní každých 6 hodín,
- F4 – formalín 70 dm³ do 3. komory a rezkolisovej vody, dávkovanie 8 dní každých 6 hodín,
- B1 – BetaStab® 30 dm³ do 1., 2., 3. komory extraktora, dávkovanie 8 dní každých 6 hodín,

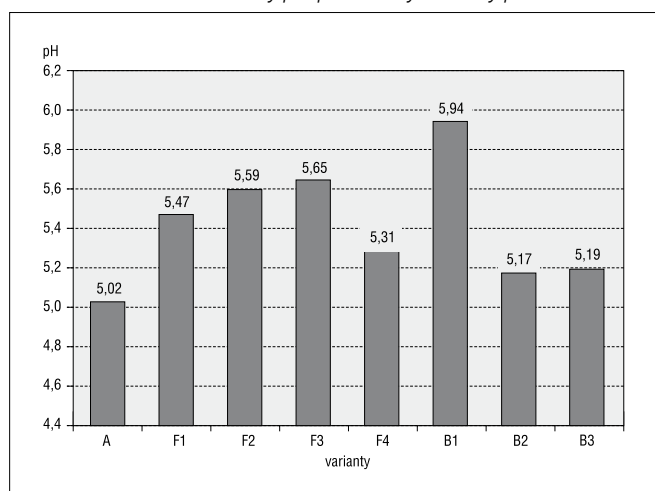
Obr. 1. Priemerné hodnoty kyseliny mliečnej pre všetky varianty počas extrakcie



Obr. 2. Priemerné hodnoty glukózy počas extrakcie



Obr. 3. Priemerné hodnoty pH pre všetky varianty počas extrakcie



B2 – BetaStab® 30 dm³ do 3. komory a rezkolisovej vody, dávkovanie 8 dní každých 6 hodín,

B3 – BetaStab® 25 dm³ do 1. a 3. komory extraktora a raz denne do rezkolisovej vody, dávkovanie 8 dní.

Mikrobiálna kontaminácia bola zisťovaná na biochemickom analyzátoře YSI 2700 SELECT™, ako indikátor slúžila prítomnosť kyseliny mliečnej a glukózy v difúznej šťave, rezkolisovej vode a šťave z druhej a tretej komory difúznej stanice. Počas extrakcie bola stanovovaná aj hodnota pH. Ku koncu kampane bola použitá HPAEC-PAD pre absolútne presné stanovenie glukózy v difúznej šťave a v rezkolisovej vode, pretože bola predpokladaná najväčšia mikrobiálna záťaž počas extrakcie.

BetaStab® je registrovaná obchodná značka vlastnená spoločnosťou Betatec Hopfenprodukte GmbH.

BetaStab® je vodný, zásaditý roztok, ktorý obsahuje zmes prírodných živíc a živých kyselín, ktoré sú získané z chmeľu kvapalným alebo superkritickým CO₂. Hlavnými komponentmi sú chmeľové kyseliny v koncentrácii 9–11 % (5).

Straty cukru počas extrakcie boli počítané podľa KRÜGERA (8), VAN DER POELA (15) a OIKAWA ET AL. (9) nasledovne:

- Meranie strát na základe hodnoty pH (8):

$\Delta\text{pH} = 0,3$ pod „normálnou hodnotou pH difúznej šťavy 6,0 (3) znamená stratu cukru $Z_1 = 0,02\text{--}0,03$ % na repu.

- Determinácia kyseliny mliečnej podľa VAN DER POELA (15):

$$Z_2 = [(m_{RJ} + m_{PP})] \cdot [(w_{L,RJ} - w_{L,PP}) \cdot 1,38 - 1,7] / 70$$

Z_2 – straty cukru v g sacharózy na 1 t repy,

m_{RJ} – hm. odťah difúznej šťavy v % na repu,

m_{PP} – produkcia rezkolisovej vody v % na repu,

$w_{L,RJ}$ – obsah L-Lactate v difúznej šťave v mg.dm⁻³,

$w_{L,PP}$ – obsah L-Lactate v rezkolisovej vode v mg.dm⁻³.

- Determinácia kyseliny mliečnej podľa OIKAWA ET AL. (9):

Straty cukru Z_3 (% na repu) = $w_{L,RJ} \cdot 2 \cdot m_{RJ}$, pracujúc bez formalínu ~0,1 % na repu;

m_{RJ} – hm. odťah difúznej šťavy v % na repu,

$w_{L,RJ}$ – obsah L-Lactate v difúznej šťave v mg.dm⁻³.

Výsledky a diskusia

Cieľom aplikácie dezinfekčných prostriedkov počas extrakcie cukru je zabrániť rozmnožovaniu mikroorganizmov, prostredníctvom ktorých dochádza k stratám cukru a taktiež k tvorbe nežiaducich zlúčenín, ktoré v ďalšom priebehu spracovania cukrovej repy môžu nepriaznivo vplyvať na kvalitu celého procesu jej spracovania. V súčasnosti je trendom minimalizovať aplikácie dezinfekčných prostriedkov, ktoré môžu negatívne vplyvať na ľudský organizmus, napr. formalínu (v niektorých krajinách EÚ je jeho používanie v potravinárskej výrobe zakázané). Využívaním nových dezinfekčných prostriedkov na prírodnej báze má byť zaručená minimalizácia potenciálnych nežiaducich vplyvov. Medzi nové dezinfekčné prostriedky patrí aj BetaStab®. Zmenou režimu používania klasických dezinfekčných prostriedkov bol vytvorený priestor pre jeho aplikáciu aj v cukrovarníctve. V poslednom desaťročí napríklad firma Betatec (ktorá je vlastníkom BetaStabu®) spolupracuje s cukrovarom v Tullne (Rakúsko) a postupne sa usadzuje na trhu v rámci cukrovarníctva ako producent prírodných biocídnych výrobkov.

V rámci našich pokusov bol aplikovaný formalín alebo BetaStab® v rôznych kombináciách s cieľom porovnať ich efektivitu. Pokiaľ by BetaStab® mal porovnateľné dezinfekčné účinky ako formalín, bolo by vhodné jeho trvalé vylúčenie procesu získavania cukru z cukrovej repy. Na obr. 1., 2. a 3. sú uvedené priemerné hodnoty kyseliny mliečnej, glukózy a pH počas extrakcie. Na všetkých skúšaných variantoch bol v porovnaní s nedezinfikovanou kontrolou nižší obsah kyseliny mliečnej,

najnižší na variante s použitím formalínu v množstve 80 dm³ (F1). Na variantoch, kde bol použitý formalín bol priemerne nižší obsah kyseliny mliečnej (0,206 g.dm⁻³) ako na variantoch s BetaStabom[®] (0,346 g.dm⁻³). Dezinfekčný účinok bol však významný vo všetkých realizovaných variantoch a obsah kyseliny mliečnej bol vo všetkých pod 0,4 g.dm⁻³, čo je hraničná hodnota pre ekonomické využívanie BetaStabu[®] v kombinácii s formalínom (6, 10, 11).

Pri obsahu glukózy bola situácia obdobná a na pokusných variantoch s prídavkom formalínu a BetaStabu[®] bolo jej množstvo priemerne nižšie, ako na kontrole bez ošetrovania (0,328 g.dm⁻³, resp. 0,457 g.dm⁻³). Veľmi výrazné však boli rozdiely medzi použitými variantmi a najvyššie množstvo glukózy bolo zistené na variante B3, t.j. s prídavkom BetaStabu[®] v množstve 25 dm³ do 1. a 3. komory extraktora a raz denne do rezkolisovej vody. Tento spôsob aplikácie vzhľadom na dosiahnuté výsledky nie je možné odporúčať. Ostatné varianty považujeme za vhodné.

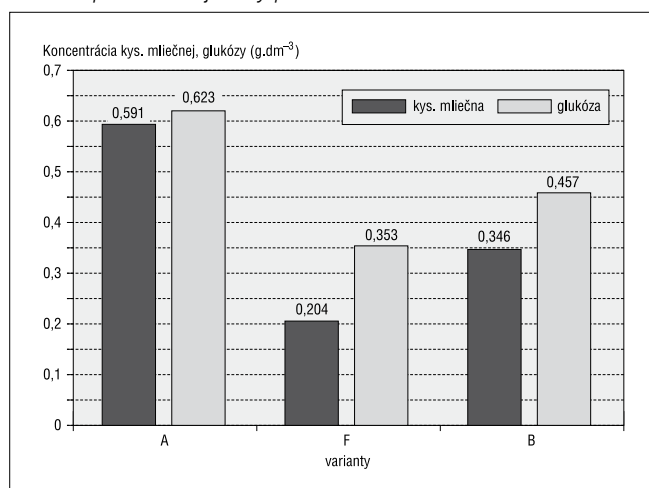
Hodnoty pH boli na všetkých pokusných variantoch vyššie ako na kontrole, čo považujeme za prínos použitých aplikácií. Najvýznamnejší vzostup tohto ukazovateľa bol zistený na variante B1 s prídavkom BetaStabu[®] v množstve 30 dm³ do 1., 2. a 3. komory extraktora. Priemerné hodnoty pH difúznej šťavy, rezkolisovej vody a difúzných štiav z 2. a 3. komory extrakcie sa počas pokusu pohybovali pre všetky varianty pod pH = 6,0, čo je v literatúre uvádzané ako hodnota pH počas kyseljej extrakcie cukru z cukrovej repy (3). Pri nižších hodnotách pH difúznej šťavy je zrejme vyššia mikrobiálna kontaminácia počas extrakcie. Avšak priemerná hodnota pH difúznej šťavy sa počas kampane bola 6,2.

Na obr. 4. sú zobrazené hodnoty obsahu kyseliny mliečnej a glukózy v kontrole a vo variantoch s aplikáciou formalínu (F1, F2, F3 a F4) a BetaStabu[®] (B1, B2 a B3) počas celej doby pokusu. Všetky boli testované po dobu 8 dní s výnimkou variantu A, v ktorom bolo príliš vysoké riziko kontaminácie extraktora a iných nežiaducich vplyvov na ďalšie procesy v priebehu spracovania cukrovej repy, preto bol realizovaný len jednorazový odber.

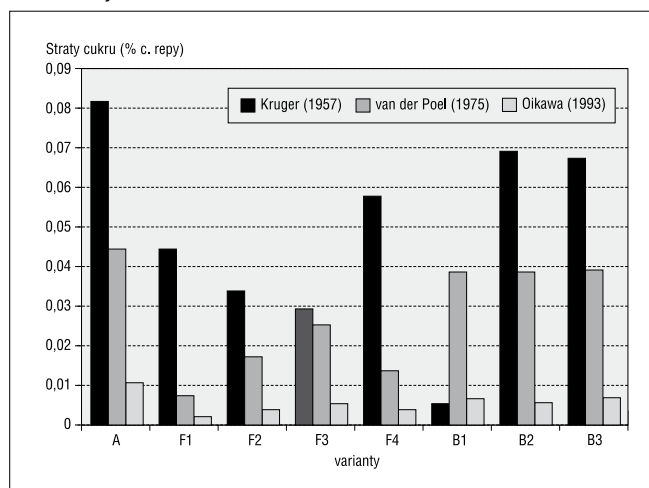
Množstvo kyseliny mliečnej bolo vysoké na variante A, na ostatných variantoch boli zistené značne nižšie hodnoty. Počas pokusu boli zistené výkyvy v obsahu kyseliny mliečnej spôsobené pravdepodobne dôsledkom čiastočne zvýšenej kontaminácie spracovávanej alternovanej repy alebo jej nedostatočným práním. Iba výnimočne však obsah kyseliny mliečnej prevýšil hodnotu 0,4 g.dm⁻³, čo je ešte prípustná hranica pre obsah kyseliny mliečnej v procese extrakcie z hľadiska kvality procesu (7). Všetky použité varianty je teda možné považovať za vyhovujúce, s lepšími výsledkami (nižším obsahom kyseliny mliečnej) ako na kontrolnom variante. Aj namerané množstvá glukózy sa pohybovali v pomerne širokom rozpätí a za vhodnejšie varianty (s nižším množstvom glukózy) je možné považovať varianty F. Neboli zistené významné rozdiely medzi použitými dezinfekčnými prostriedkami z hľadiska kvality procesu.

Na obr. 5. sú uvedené výsledky strát cukru vypočítané na základe pH alebo obsahu kyseliny mliečnej v kombinácii s množstvom spracovanej cukrovej repy a množstvom vyprodukovanej difúznej šťavy. Výpočet strát cukru podľa KRÜGERA (8) je založený na hodnotách pH počas extrakcie a touto metódou boli vypočítané najvyššie straty cukru. Tento výpočet môže slúžiť iba ako orientačný pre priebeh extrakcie, pretože na hodnotu pH vplyva viac faktorov ako len mikrobiálna kontaminácia. Hodnoty strát získané podľa VAN DER POELA (15) sú vo všetkých variantoch výrazne nižšie ako straty podľa Krügera, čo je následkom presnejšieho výpočtu strát cukru na základe obsahu kyseliny mliečnej v difúznej šťave a v rezkolisovej vode. OIKAWA (9) využil

Obr. 4. Priemerné hodnoty obsahu kyseliny mliečnej a glukózy pre kontrolu, aplikáciu formalínu a aplikáciu BetaStabu[®] počas celej doby pokusu



Obr. 5. Priemerné straty cukru pre jednotlivé varianty podľa rôznych autorov



vo svojej formulácii výpočtu strát cukru dvojnásobné množstvo kyseliny mliečnej obsiahnutej vo vyprodukovanej difúznej šťave.

Vo všetkých prípadoch výpočtu strát cukru je preukázané, že aplikáciou dezinfekčných prostriedkov počas extrakcie sa znižujú straty cukru. Hoci medzi jednotlivými výpočtami strát cukru sú rozdiely (v závislosti od parametrov použitých pre výpočet), vždy bola potvrdená nevyhnutnosť mikrobiálnej dezinfekcie počas extrakcie sacharózy z cukrovej repy. Aplikáciou formalínu alebo BetaStabu[®] bolo docielené, že straty cukru boli minimalizované. Reálne však nie je možné strátam absolútne zabrániť, je možné ich len udržiavať na minimálnej hodnote počas celého priebehu kampane. Vyhodnotením pokusu bolo potvrdené, že skutočné straty cukru spôsobené činnosťou mikroorganizmov môžu byť oveľa väčšie, než uvádzajú výpočty strát cukru z obsahu zistenej kyseliny mliečnej bez ohľadu na množstvo invertného cukru vznikajúceho v dôsledku rozvoja mikroorganizmov. V súvislosti s riešenou problematikou je nevyhnutné hlbšie skúmanie procesov extrakcie cukrovej repy s cieľom maximálne eliminovať a presne kalkulovať straty cukru počas extrakcie a tiež zlepšiť vlastnosti produktov získaných počas extrakcie.

Záver

Na základe zrealizovaných pokusov a ich vyhodnotenia je možné potvrdiť vzťah medzi mikrobiálnou kontamináciou, stratami cukru a zhoršením technologických parametrov, ako je pokles hodnoty pH, vzrast koncentrácie kyseliny mliečnej a glukózy v difúznej šťave. Zo zistení vyplýva, že aplikáciou nového dezinfekčného produktu BetaStab® v priebehu extrakčného procesu pri získavaní cukru (sacharózy) z cukrovej repy sa zabezpečia akceptovateľné výsledky, rovnako ako pri aplikácii formalínu. Straty cukru boli minimalizované a prezentované výsledky potvrdili, že je možné kontrolovať priebeh extrakcie aj použitím nových produktov založených na prírodnej báze (napr. aplikáciou BetaStabu®). Avšak najvhodnejším riešením pri mikrobiálnej kontaminácii po zistení uplatnenia sa BetaStabu® je striedanie dezinfekčných prostriedkov počas kampane. Striedanie zamedzuje adaptácii mikroorganizmov na určitý druh dezinfekčného prostriedku a tým sa zvyšuje efektívnosť aplikácie hocktorého dezinfekčného prostriedku.

Souhrn

Mikrobiálna kontaminácia počas extrakcie cukru je dôležitým bodom kontroly v cukrovarníctve. S touto kontamináciou sú spojené straty cukru, vyššia produkcia melasy a taktiež pokles kvality štiav počas spracovania cukrovej repy. V príspevku sú uvedené výsledky sledovania efektivity dezinfekcie realizovanej pomocou nového produktu založeného na báze chmeľových kyselín (BetaStab®) a klasického formalínu. V difúznej šťave bolo stanovované pH, množstvo kyseliny mliečnej a glukózy, ktoré slúžili na výpočet strát cukru v priebehu procesu extrakcie. Množstvo kyseliny mliečnej rovnako ako množstvo glukózy bolo na variantoch s prídavkom formalínu aj BetaStabu® nižšie ako v kontrole bez dezinfekčných činidiel, s čím súvisia aj nižšie straty cukru na týchto variantoch. Bola potvrdená účinnosť aplikácie BetaStabu®, ktorý môže nahradiť formalín, čo je v súlade s trendom minimalizovať aplikácie dezinfekčných prípravkov, ktoré môžu potenciálne nepriaznivo vplyvať na ľudský organizmus. Výsledky potvrdili možnosť použitia chmeľových kyselín na optimalizáciu extrakčného procesu v cukrovarníctve.

Kľúčové slová: cukrovarníctvo, extrakcia, extraktor, mikrobiálna kontaminácia, kyselina mliečna, straty cukru.

Literatúra

1. ARPAL, J.; BARTL, V.: *Potravinárska mikrobiológia*, ALFA, Bratislava, 1977, 226 s.
2. BARYGA, A.: Vliv mikrobiologickej čistoty bieleho cukru na jeho využití v potravinárskom priemysle. *Listy cukrov. řepář.*, 122, 2006 (12), s. 341–343.
3. BLIESNER, K. M.; BUCHHOLZ, K.; MIEHE, D.: Alkaline pretreatment and pressing of beet cossettes. *Int. Sugar J.*, 95, 1993 (1129), s. 4–8.
4. BRETSCHNEIDER, R.: *Technologie cukru: surovarna a rafinerie*. 2. vyd., Praha: SNTL, 1980, 424 s.
5. EGARTNER, C.: *Studies on the fate of hop components applied in maize starch production*. Viedeň, 2008, 98 s. Diplomová práca z Univerzity Viedeň.
6. HEIN, W.; POLLACH, G.: 1997. cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
7. HEIN, W.; POLLACH, G.; EMERSTROFER, F.: 10 years' experience with natural antibacterials within Agrana. *Zuckerind.*, 131, 2006 (7), s. 477–491.

8. KRÜGER, W.: 1957, cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
9. OIKAWA ET AL.: 1993. cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
10. POLLACH, G.: 1995. cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
11. POLLACH, G. ET AL.: 1996. cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
12. POLLACH, G.; HEIN, W.; BEDDIE, D.: Application of hop β -acids and rosin acids in the sugar industry. *Zuckerind.*, 127, 2002 (12) s. 921–930.
13. POLLACH, G.; HEIN, W.; BEDDIE, D.: The concept of different natural antibacterials for the sugar industry. *Zuckerind.*, 129, 2004 (8), s. 555–564.
14. SARGENT, D.; SPENCER, D. E.: 1995. cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
15. VAN DER PEOL, P. W.: 1975. cit: VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. A. Bartens, 1998, 1120 s.
16. VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology. Beet and Cane Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens, 1998, 1120 s.

Bennár M., Bojňanská T., Hambáľková J., Lovas V., Richter A.: Influence on Extraction of Sacarose from Sugar Beet by Desinfection Agents

The microbiological contamination in the extractor is very important point of control in the sugar beet industry. With this contamination are connected losses of sugar during the extraction process, higher production of molasses and also a decreasing of the quality of byproducts (juices) during the processing of sugar beet. A new kind product for the disinfection based on the hop has been compare with old one (formalin). In order to determine the effect of the application of the new product versus the old one the lactic acid and the sugars have been determined and the losses of the sugar in the process have been calculated. In the extractor, a high number of combination of the doses and the places of the dosing of the disinfection products have been tried to find the friendlier results from process and economy point of view. The application of new disinfection product based on the hop under the trademark "Beta-Stab®" has been investigated in DDS extractor during campaign. The relationship between activity of microorganism metabolism and losses of sugar in extractor has been demonstrated. The obtained results showed that it is possible to optimize the extraction process using the hop beta – acids as a disinfection product in the extraction process in sugar beet industry.

Key words: sugar industry, extraction, extractor, microbiological contamination, lactic acid, losses of sugar.

Kontaktná adresa – Contact address:

Ing. Marek Bennár, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Katedra skladovania a spracovania rastlinných produktov, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, e-mail: marek_bennar@hotmail.com