

Optimizácia rozdelenia častíc bieleho cukru

OPTIMAL PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF WHITE SUGAR

Marek Bennár^{1,2}, Ester Betoret², Tatiana Bojňanská¹, Dušan Brňo³, Júlia Hambálková³, Antonín Richter³¹Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre²Universitat Politècnica de València, Španielsko³Slovenské cukrovary, s. r. o., Sered'

Stanovenie rozdelenia častíc bieleho cukru má veľký význam v cukrovarníctve, od odstreďovania až po finálnu kvalitu produktu. Kvalita kryštálov má zásadný význam pre rafinačný proces (8). Základnou operáciou rafinácie je afinácia surového cukru, pri ktorej sa odstráni zvyšky materského sirupu uchyteného na povrchu kryštálov surového cukru. Pre túto operáciu sú nevhodné jemné a malé kryštály cukru (2).

Ak chceme zabrániť problémom a chybám spôsobeným počas kryštalizácie a odstreďovania cukrovín, je vhodné určiť rozdelenie častíc bieleho cukru. Spoločnosť Jenoptic (Jena, Nemecko) vyvinula PSI merací systém. Princíp merania je založený na difrakcii nesúvislého halogénového svetla na kryštály cukru, ktoré sa dávajú pomocou vibračného dopravníka a padajú voľne do meracej trubice (7).

Kryštalizačný proces je zložený z dvoch fáz: prvou je nukleácia (vznik zárodokov), na ktorú nadväzuje druhá fáza: vlastný rast kryštálov. Podmienkou nukleácie i rastu kryštálov je existencia presýteného cukrového roztoku a hnacou silou kryštalizácie je rozdiel medzi skutočnou koncentráciou v roztoku a koncentráciou nasýteného roztoku, tzv. presýtenie (5).

Pre praktickú kryštalizáciu je dôležitá predovšetkým druhá fáza kryštalizačného procesu – rast kryštálov. Oblasť presýtenia, ktorá je vhodná pre odparovaciu i chladiacu kryštalizáciu, sa nazýva metastabilná oblasť a je charakterizovaná tým, že v nej nedochádza ku vzniku nových zárodokov, ale iba k rastu kryštálov. Hranice metastabilnej oblasti sú ovplyvnené predovšetkým teplotou, čistotou a prítomnosťou tuhej fázy, spodná hranica zodpovedá nasýtenému roztoku (1, 3, 4, 10).

Z energetických dôvodov a vzhľadom k tepelnej citlivosti cukorných roztokov riešením je technická kryštalizácia cukru, ktorá sa uskutočňuje za zníženého tlaku v kryštalizátore (10).

Kryštalizácia (varenie) cukrovín má až na malé odchýlky rovnaký postup, ktorý je možné ovplyvniť viacerými faktormi. Iba pár z nich sa počas kampane mení, a tým sa aj ovplyvňuje rozdelenie veľkosti častíc bieleho cukru.

Medzi stále veličiny, ktoré svoju hodnotu nemenia, patria sušina šťavy, pri ktorej sa mikroočko pridáva do očkovacieho

varostroja, sušina šťavy, pri ktorej sa očkovacia cukrovina pridáva do varostroja, hladina štandardného sirupu vo varostrojoch pri základnom náťahu a varná krivka.

Medzi veličiny, ktoré sa menia a tým vplyvajú na rozdelenie veľkosti častíc produktu, patria množstva mikroočka a množstvo očkovacej cukroviny pridávanej do varostrojov (2, 10) (obr. 1.). Počas kampane je dôležité nájsť optimálne hodnoty pre tieto premenné veličiny, a tak je vytvorený priestor pre skúšanie rôznych hodnôt a ich vplyv na finálny produkt a chod cukrovary.

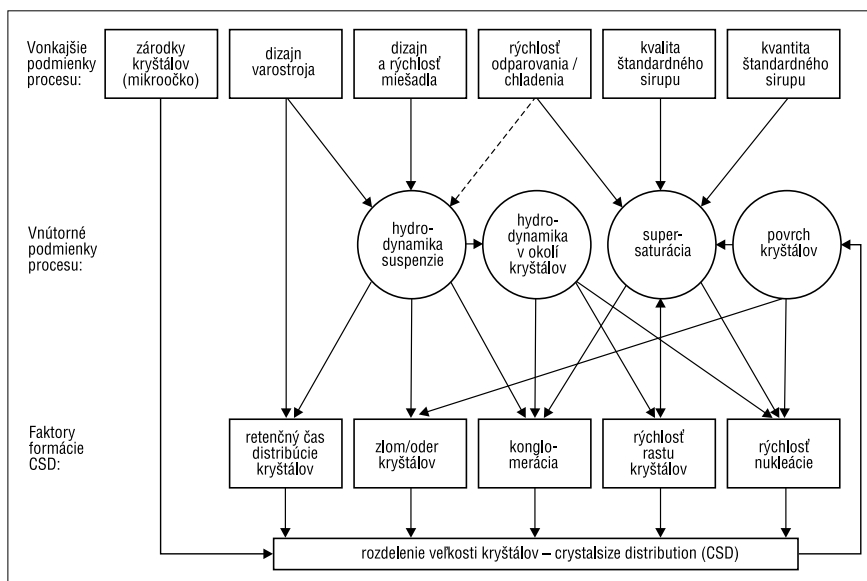
Materiál a metóda

Výsledky boli získané v prevádzkových podmienkach Slovenských cukrovarov, s. r. o., v Seredi (obr. 2.).

Na optimalizáciu rozdelenia častíc bieleho cukru bolo vyšetrených päť variantov kombinujúcich množstvo mikroočka a očkovacej cukroviny pridávanej do varostroja na varenie A produktu:

- **variant A:** 1 000 cm³ mikroočka a 15 % očkovacej cukroviny do varostroja;
- **variant B:** 1 000 cm³ mikroočka a 19 % očkovacej cukroviny do varostroja;

Obr. 1. Korelačný diagram kryštalizácie (9)



Obr. 2. Cukrovar Slovenských cukrovarov, s. r. o., v Seredi



- **variant C:** 1 100 cm³ mikroočka a 19 % očkovacej cukroviny do varostroja;
- **variant D:** 1 100 cm³ mikroočka a 20 % očkovacej cukroviny do varostroja;
- **variant E:** 1 100 cm³ mikroočka a 22 % očkovacej cukroviny do varostroja.

Obr. 3. Granulometer AS type 200



Stanovenia rozdelenia veľkosti častíc bieleho cukru osevom boli zisťované na prístroji resp. granulometri typu AS 200 značky Retsch (obr. 3.). Tento granulometer pracuje s amplitúdou 1,5 mm.g⁻¹ počas 10 minút. Hlavnou zložkou granulometra sú sítá. Počet sít na granulometri je 7, s následnými veľkosťami ôk: 1. sito s okami 2,00 mm, 2. sito s okami 1,00 mm, 3. sito s okami 0,80 mm, 4. sito s okami 0,63 mm, 5. sito s okami 0,40 mm, 6. sito s okami 0,32 mm, 7. sito s okami 0,16 mm a záchytná miska.

Analýzu veľkosti častíc vzorky cukru získaných osevom, uvedenú v metóde GS2-37 (6), možno ďalej matematicky spracovať tak, aby sa rozdelenie veľkostí zŕn zredukovalo na dva parametre, ktoré sú nezávislé od veľkosti ôk použitých

v analýze. Najbežnejšími používanými parametrami je stredná veľkosť oka (MA) a koeficient variácie (CV). MA je taká veľkosť oka, ktorá by zadržala 50 % hmotnosti vzorky a CV je štandardná odchýlka rozdelenia vyjadrená ako percento MA.

Na štatistické vyhodnotenie výsledkov bola použitá analýza rozptylu (ANOVA Simple) s programom Statgraphics Plus v. 5.1.

Výsledky a diskusia

Počas kampane je nevyhnutné dosiahnutie ideálneho rozdelenia veľkosti častíc bieleho cukru. Význam veľkosti častíc bol preukázaný v procese odstreďovania a rafinácie surového cukru (2). Výsledky piatich variantov skúšaných v priebehu kampane sú uvedené na obr. 4. Jednotlivé podiely kryštálov všetkých variantov s použitím rôznych množstiev mikroočka a objemov očkovacej cukroviny pridávanej do varostrojev (odparovacích kryštalizátorov) sú zachytené na jednotlivých sítach.

Z hľadiska kvality bieleho kryštalového cukru až 70 % kryštálov by malo mať veľkosť väčšiu ako 0,40 mm. Pre všetky varianty bol tento kvalitatívny parameter dosiahnutý (obr. 5.). Ale sú aj iné, ktoré by mali byť hodnotené z pohľadu kvality procesu. V tomto prípade musí mať rozdelenie veľkosti častíc bieleho cukru medzi druhým až piatym sitom minimálne rozdiely pre dobré odstreďovanie cukru v odstreďivkách a z hľadiska energetického manažmentu.

Kryštály zachytené sitom o veľkosti 2,00 mm nemajú značný význam z dôvodu ich malého množstva. Tieto kryštály nemohli dosiahnuť túto veľkosť vzhľadom k časovým podmienkam kryštalizačného procesu.

Sito s veľkosťou 1,00 mm zachytilo rôzne podiely kryštálov bieleho cukru. Vo variante A bol získaný najvyšší podiel. Tieto kryštály mali tendenciu dorásť na túto veľkosť z dôvodu nižších množstiev mikroočka a objemu očkovacej cukroviny. Vďaka zvýšeniu množstva mikroočka a očkovacej cukroviny sa znížili podiely kryštálov v ostatných variantoch, okrem variantu E s 1 100 cm³ mikroočka a 22 % očkovacej cukroviny. Variant A sa významne líši oproti variantom B, C a E. Na tomto site má variant D tiež signifikantné rozdiely s variantmi A, B a E.

Sito s veľkosťou 0,80 mm zachytilo takmer rovnaké podiely kryštálov bieleho cukru ($22,31 \pm 0,24$) pre všetky varianty bez významných rozdielov. To znamená, že zmeny v množstve mikroočka a očkovacej cukroviny neovplyvnili tieto podiely kryštálov cukru.

Na site, ktoré zachytáva kryštály o veľkosti medzi 0,79 mm a 0,63 mm, neboli zistené výrazné rozdiely. Ale môžeme pozorovať tendenciu zvyšovania podielov kryštálov od variantu A ku variantu D. Táto tendencia má pôvod v zvýšení množstva zárodokov kryštálov prítomných v očkovacej cukrovine. Významné rozdiely boli zistené medzi variantom A a D.

Na site s veľkosťou 0,40 mm má najvyšší podiel bielych kryštálov cukru variant D, čo robí tento variant odlišný od ostatných. Na tomto site je možné badať vyššiu tendenciu zvyšovania podielov kryštálov od variantu A k variantu D ako na predchádzajúcom site. To má za následok zvýšenie množstva zárodokov kryštálov v očkovacej cukrovine. Získané podiely kryštálov predstavujú významný rozdiel medzi variantom D a zvyškom variantov. Na týchto dvoch sitách variant E nepotvrdil tendenciu zvyšovania podielu kryštálov. To môže súvisieť s jeho vysokým množstvom očkovacej cukroviny.

Podiely na posledných dvoch sitách a zachytnej misky, sú až na malé odchýlky totožné a nemajú vplyv na kvalitu procesu.

Pre ideálny chod odstredieviek resp. odstredovania cukru a jeho optimálne hospodárenie s energiou a je najvhodnejší variant D. Pridaním $1\ 000\ \text{cm}^3$ mikroočka do varostroju na očkovaciu cukrovinu a 20% náťahom očkovacej cukroviny sú podiely medzi druhým až piatym sitom takmer rovnaké a majú minimálne rozdiely v hmotnosti.

Najväčšie rozdiely sú na podieloch druhého sita, čo sa dá vysvetliť množstvom kryštálových zárodokov v základnom očkovacom vane. Pri prvom variante bolo dávkaných $1\ 000\ \text{cm}^3$ mikroočka, čiže bolo použitých menej kryštálových zárodokov ako pri dávkaní $1\ 100\ \text{cm}^3$ mikroočka. Pravdepodobne v súvislosti s nižším množstvom mikroočka bol najvyšší podiel kryštálov na druhom site pri prvom variante. Na druhej strane záleží aj od množstva náťahu očkovacej cukroviny do varostroja, pretože malý objem náťahu zapríčini aj menší počet kryštálov v očkovacej cukrovine zvarenej s prídavkom mikroočka s objemom $1\ 000\ \text{cm}^3$ alebo $1\ 100\ \text{cm}^3$. Na základe toho sme usúdili, že by mal náťah postupne stúpať. Čím je väčší

Miroslav Eliáš

Šuriansky cukrovar: 1852–2000

Vydalo Mestské kultúrne stredisko – Mestské múzeum Šurany, 2012, tisk AZ Print s.r.o. Nové Zámky, vydání 1., 220 stran (160 s. + 60 s. obrazové prílohy), 23 tab., 130 + 296 obr., formát A4, cena 10 eur*, ISBN 978-80-971106-0-4.

Pri príležitosti 160. výročia založenia šurianskeho cukrovaru bola 19. 10. 2012 v Mestskom kultúrnom stredisku v Šuranach slavnostne verejne predstavená monografie dr. Eliáša o tomto závode. Založil jej cukrovarník B. Frey s videňskými bankéřmi M. Gersonem a L. Lippmannem v roce 1852. Byl to tehdy jeden z nejmodernějších cukrovarů na Slovensku, od roku 1856 měl i rafinerii a vyráběl bílý cukr. Vrcholným obdobím pro cukrovar v Šuranach pak byla patrně doba 1. československé republiky, kdy byl druhým největším (po trnavském cukrovaru) v celé ČR.

Kniha zaujme nejenom svým rozsahem a počtem fotografií i dalších obrázků, ale také svým obsahem. Popisuje všechna období historie cukrovaru až do jeho zániku v roce 2000, což se u publikací tohoto druhu ne vždy zcela daří. „Autor,“ jak uvádí posudek jednoho z lektorů, „paralelně sleduje technický, hospodářský, sociální a také personální vývoj cukrovarnického závodu na pozadí dlouhodobého hospodářsko-politického vývoje Slovenska, čímž přispěl k obohacení hospodářských a sociálních dějin a také dějin vědy a techniky.“ Publikace se po úvodní kratší kapitole o dějinách oboru věnuje ve třech kapitolách historii cukrovaru v jednotlivých obdobích (do roku 1938, v době 2. sv. války a poválečné historii, která je zpracována nejobsáhleji). V další kapitole autor seznamuje čtenáře s dělnickým hnutím a se spolky a organizacemi působícími na půdě cukrovaru. Samostatná kapitola popisuje tragické události, ke kterým během provozu došlo. Následují kapitoly o dalších zařízeních, které s cukrovarem souvisely: úzkorozchodné železnici, cihelně, obilním a paprikovým mlýně, řepářském výzkumném pracovišti a učňovské škole. Textovou část publikace uzavírají personálie – seznamy zaměstnanců ve vybraných letech a stručné představení významných postav a pracovníků cukrovaru, maďarský a anglický souhrn a přehled literatury, pramenů a archivních zdrojů.

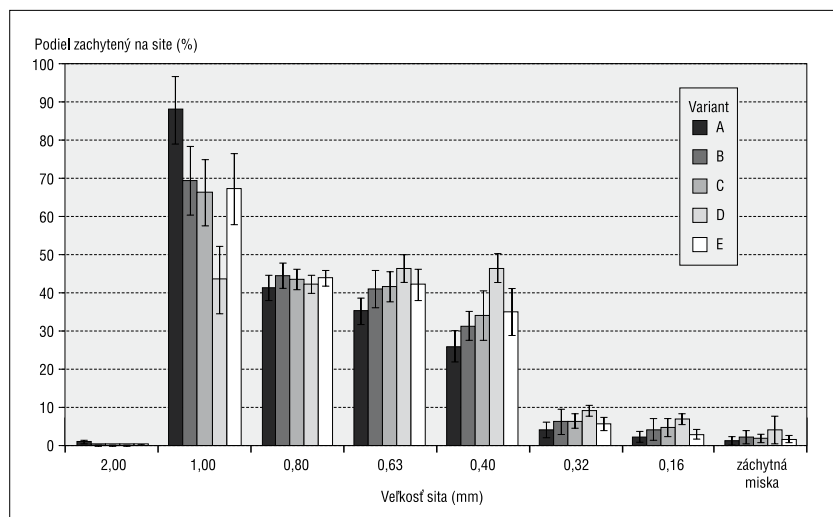
Na první pohled kniha upoutá množstvím obrazového materiálu – nejenom dobových fotografií, ale také různých dokumentů, podnikové korespondence, novinových zpráv ad. Zprostředkují mj. i atmosféru dané doby a činí publikaci přístupnou pro široké spektrum čtenářů. Autorovi se podařilo shromáždit o cukrovaru v Šuranach velké množství nejrůznějšího materiálu, velký podíl tvoří přímé citace; i když někdo může polemizovat o vyváženosti či relevanci dílčích údajů, nesporně lze publikaci hodnotit kladně, protože obsahuje dosud nezpracovanou historii jednoho z významných cukrovarnických závodů. Je škoda, že podobně obsáhlou monografií nemají i další.

Blaboslav Marek

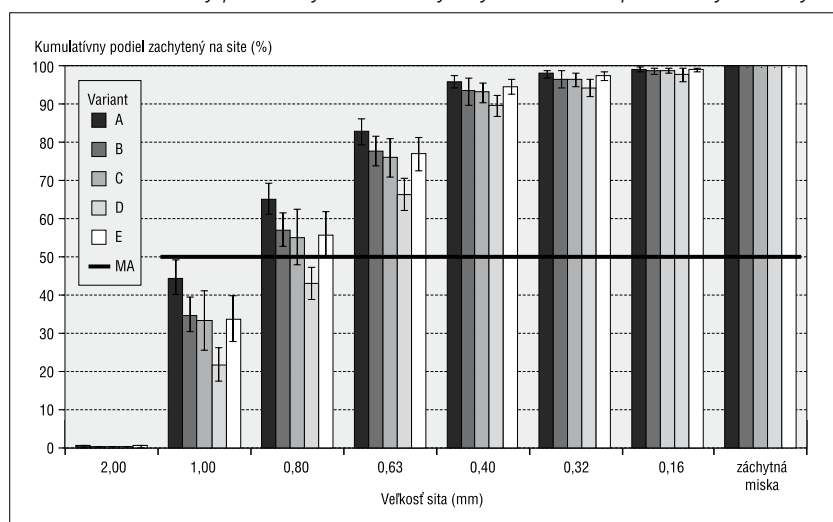


* Zájemci o knihu z ČR se mohou obrátit na redakci LCaŘ.

Obr. 4. Zachytené podiely kryštálov pre všetky varianty



Obr. 5. Kumulatívny podiel kryštálov zachytených na sitách pre všetky varianty



náťah očkovacej cukroviny do varostroja, tým väčšie množstvo kryštálov vznikne pri varení. Avšak náťah očkovacej cukroviny je limitovaný, pretože pri vysokom náťahu očkovacej cukroviny by bolo vytvorené veľké množstvo kryštálov, ktoré by do konca varu nemohli narásť na požadovanú veľkosť.

Dva parametre, stredná veľkosť oka (MA) a koeficient variácie (CV) boli počítané podľa Rensovej, Butlerovej a Powersovej metódy pre získanie štandardizovanej analýzy rozdelenia veľkosti častíc bieleho cukru. MA zachytí 50 % vzorky kryštálov a CV slúži ako smerodajná odchýlka rozdelenia. Získané výsledky ukázali rozdiely v hodnotách MA a CV vypočítaných pre každý variant a metódu (tab. I.).

Metódy, ktoré majú vykonávať štandardnú analýzu rozdelenia veľkosti častíc bieleho cukru by mali potvrdiť ich prípustnosť. Ale ako môžeme vidieť v tab. I., presná je len Rensova metóda, ktorej stredná veľkosť oka MA môže skutočne zachytiť 50 % všetkých bielych kryštálov cukru pre každú použitú variantu. Butlerova metóda ukazuje pozitívne výsledky len v troch variantoch (B, C, D), čo nie je dostačujúce na odporúčenie ako adekvátnej metódy. Ak porovnáme hodnoty získané Powersovou metódou (tab. I.) a hodnoty získané experimentálne (obr. 5.) používajúc kumulatívny

podiel bielych kryštálov cukru, je možné vidieť, že MA počítaná Powersovou metódou sa líši od hodnôt získaných experimentálne.

VAN DER POEL ET AL. (10) definuje CV ako mieru rozdelenia (distribúcie) veľkosti kryštálov. Hodnoty vyššie ako 35 % sú charakterizované ako široká a nevhodná distribúcia kryštálov. Výsledky získané CV pre každý variant a každú metódu sú vyššie ako 35 %, čo by znamenalo, že distribúcia veľkosti častíc bola široká a nevhodná. Avšak môžeme konštatovať, že Rensova metóda má hodnoty CV najbližšie k 35 %. Hodnoty CV pri Butlerovej a Powersovej metóde sú príliš vysoké. To znamená, že z hľadiska zhodnotenia rozdelenia veľkosti častíc bieleho cukru sú tieto metódy nevhodné. V súčasnej dobe je ťažké posúdiť, ktorá metóda hodnotenia rozdelenia častíc je správna, a preto je potrebné nájsť jednu unikátnu metódu, ktorá bude správna a vhodná pre stanovenie rozdelenia veľkostí častíc bieleho cukru.

Záver

Získané výsledky ukázali možnosť optimalizácie procesu kryštalizácie pomocou mikroočka a objemu očkovacej cukroviny aplikovanej do varostroja. Najlepšou metódou pre hodnotenie veľkosti častíc bieleho cukru bola Rensova metóda, pretože výsledky získané touto metódou potvrdzujú, že MA pre každú použitú variantu môže skutočne zachytiť 50 % všetkých bielych kryštálov cukru a hodnoty CV sa najviac blížila k 35 %.

Súhrn

Stanovenie rozdelenia častíc bieleho cukru, ako kvalitatívny parameter, má značnú importanciu v cukrovarníctve. V Slovenských cukrovaroch, s. r. o., je kryštalizácia docieľaná odparovaním vody s cieľom dosiahnuť presýtenie. Varenie cukrovín má až na malé odchýlky rovnaký postup. Tento postup sa dá ovplyvniť viacerými faktormi, avšak iba pár z nich sa počas kampane mení a tým sa aj ovplyvňuje granulometrické zloženie produktu. Medzi stále veličiny, ktoré svoju hodnotu nemenia, patria; sušina šťavy, pri ktorej sa mikroočko pridáva do očkovacieho varostroja, sušina šťavy, pri ktorej sa očkovacia cukrovina pridáva do varostroja, hladina štandardného sirupu vo varostrojoch pri základnom náťahu a varná krivka. Medzi veličiny, ktoré sa menia a tým vplyvajú na granulometrické zloženie produktu, patria množstvo mikroočka a množstvo očkovacej cukroviny pridávanej do varostrojov. Bolo realizovaných päť variantov pre dosiahnutie ideálneho rozdelenia častíc bieleho cukru. Granulometrické zloženie produktu bolo merané pomocou granulometra AS 200 Retsch a vyhodnotených ICUMSA Method GS 2-37 (1994). Vzťah medzi premennými veličinami a rozdelením častíc bieleho cukru bol dokázaný. Dosiahnuté výsledky potvrdzujú možnosť optimalizácie kryštalizačného procesu prostredníctvom množstva mikroočka a množstva očkovacej cukroviny pridávanej do varostrojov.

Kľúčové slová: cukrovarníctvo, kryštalizácia, mikroočko, ICUMSA Method GS 2-37 (1994).

Literatúra

- BENNÁR, M.: *Optimization the yield increase of sugar in obtaining sucrose from sugar beet – doctoral thesis*. Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia, 2010.
- Chapman, F. M. (1963): Honig, P. (Ed.): *Principles of Sugar Technology*, Vol. 3, Elsevier, Amsterdam, s. 223–260.
- GEBLER, J.; BUBNÍK, Z.: Kontinuální navážení cukrovín IV. Výsledky měření. *Listy cukrov. řepář.*, 109, 1993 (1), s. 15–23.
- GINAL, S.: Krystalizace cukru s očkovacím záďelem. *Listy cukrov. řepář.*, 112, 1996 (5), s. 142–145.
- HARTEL, R.: *Crystallization in Foods*. Aspen Publishers: Gaithersburg, 2001.
- ICUMSA Method GS 2-37 (1994): Stanovenie rozdelenia veľkosti častíc bieleho cukru osevom. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (5–6), s. 180–183.
- LÖFFLER, W. In VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology, Beet and Cane Sugar Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG, 1998.
- MEIKLE, J. In CLARKE, M. A. (Ed.): *Proceedings Workshop on Raw and White Sugar Quality*. Berlin: Dr. Albert Bartens, 1990, s. 28–32.
- POT, A. ET AL.: A study on the formation factors of crystal size distribution in industrial sucrose crystallizers. *Zuckerind.*, 109, 1984 (4), s. 305–313
- VAN DER POEL, P. W.; SCHIWECK, H.; SCHWARTZ, T.: *Sugar Technology, Beet and Cane Sugar Manufacture*. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG, 1998.

Bennár M., Betoret E., Bojňanská T., Brňo D., Hambálková J., Richter A.: Optimal Particle Size Distribution of White Sugar

Particle size distribution of white sugar, as a quality parameter, is of great importance in the sugar beet industry. During the crystallization procedure it is possible to adjust various parameters which influence the particle size of crystals. Dry matter of the juice and volume of the standard syrup in crystallizer as well as heating curve are used in the company Slovenské cukrovary Ltd (Slovakia) as constant parameters in the crystallization process. Quantity of slurry (seed magma crystallizate) and volume of slurry masseuite are parameters which can be changed to control the particle size distribution of white sugar. Five variants of those parameters have been tried to obtain an optimal particle size distribution. The particle size distribution was measured with AS 200 Retsch granulometer. The samples obtained by sowing have been evaluated by ICUMSA Method GS 2-37 (1994). The relationship between variable parameters and particle size distribution was demonstrated. The obtained results showed that it is possible to optimize the crystallization process using 19 % of slurry and 1.100 cm³ of volume of slurry masseuite as variables in sugar beet industry.

Key words: sugar beet industry, crystallization, slurry, ICUMSA Method GS 2-37, particle size distribution.

Kontaktná adresa – Contact address:

Ing. Marek Bennár, PhD. MSc., Polytechnic University of Valencia, Department of Food Technology, Institute of Food Engineering for Development, Camino de Vera s/N, 46022 Valencia, Spain, e-mail: marek_bennar@hotmail.com

Doc. Ing. Tatiana Bojňanská, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, KSSRP, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: tatiana.bojnanska@uniag.sk

Ing. Antonín Richter, Slovenské cukrovary s. r. o., Cukrovárska 726, 926 01 Sereď, Slovensko, e-mail: antonin.richter@agrana.com

Tab. I. MA, CV a prípustnosť Butlerovej, Rensovej a Powersovej metódy pre všetky varianty

Variant	Metóda	MA (mm)	CV (%)	Prípustnosť
A	Butler	1,07	40,38	nie
	Rens	0,94	34,86	áno
	Powers	1,10	53,43	nie
B	Butler	0,97	43,57	áno
	Rens	0,87	36,91	áno
	Powers	1,02	56,79	nie
C	Butler	0,95	44,26	áno
	Rens	0,86	37,14	áno
	Powers	1,01	57,49	nie
D	Butler	0,83	48,02	nie
	Rens	0,76	38,43	áno
	Powers	0,91	63,93	nie
E	Butler	0,96	43,28	áno
	Rens	0,86	35,19	áno
	Powers	1,02	56,54	nie

OPRAVA

V článku doc. Evžena Šárky „Vedlejší produkty cukrovarnického a škrobárenského průmyslu – vznik, využití a optimalizace parametrů“ publikovaném v čísle 9–10, jsme schéma cukrovarnické technologie při vyřazení zadinové práce v obr. 3. na s. 308 otiskli s chybou. Autorovi i čtenářům se omlouváme a opravené schéma zařazujeme na tomto místě.

redakce

