

**АНАЛІЗ І ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АНТИСЕПТИЧНИХ ЗАСОБІВ
ЦУКРОБУРЯКОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Хомічак Л. М., д.т.н., проф.,
зав. відділом технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0001-9003-0315

Шейко Т. В., к.т.н., зав. відділом координації наукових
досліджень та підготовки наукових кадрів
Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-0559-1335

Ткаченко С. В., к.т.н. с.н.с відділу технології цукру,
цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0003-2897-8978

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-21>

Шкідливі для виробництва цукру мікроорганізми потрапляють у виробництво з буряком, водою, ґрунтом та повітрям. При несприятливих умовах зберігання сировини починається бурхливий розвиток мікроорганізмів, що призводить до втрати цукру. Мікрофлора сировини у цукровому виробництві зумовлена спороутворюючими і неспороутворюючими бактеріями, а також мікроміцетами. Переробка на виробництві такої сировини призводить до ускладнень у роботі фільтрувального обладнання, збільшення забарвленості соків та їх сильного пінення. Можлива корозія металу технологічного обладнання. Суттєво знижується вихід цукру та його якість. Важливим є боротьба з утворенням мікробної біоплівки. У статті розглянуто проблему утворення мікробної біоплівки в процесі отримання дифузійного соку в цукровій промисловості. Це є великою проблемою у виробництві цукру на сьогодні. За умов активного утворення біоплівки відбувається велика неврахована втрата цукрози. Проходять не контрольовані мікробіологічні і фізико-хімічні процеси. За умов перероблення буряків низької якості на виробництві потрібно використовувати біоциди. Вони знижують зараження напівпродуктів виробництва мікроорганізмами, значно полегшують ведення технологічного процесу. Також дозволяють прогнозувати невраховані втрати цукру і дають змогу покращити його якість і вихід. У статті розглянуто різні види біоцидів. Показано їх хімічний склад. Наведено їх порівняльні характеристики та вимоги до їх якості. Показано вплив біоцидів на різні види мікроорганізмів цукрового виробництва та утворену ними біоплівку та відмічена їх резистентність. Розглянуто вплив найпоширеніших на сьогоднішній день біоцидів на дифузійний сік цукрового виробництва. Наведені характеристики дифузійного соку до та після оброблення біоцидами. У статті наведено реальні показники втрат цукрози від мікробіологічного розкладання на основних технологічних операціях цукрового виробництва, а саме під час екстракції, очищення соку та у продуктовому відділенні.

Ключові слова: виробництво, цукрові буряки, дифузійний сік, мікроорганізми, біоциди, біоплівка

ANALYSIS AND COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF ANTISEPTIC MEANS
OF SUGAR PRODUCTION

Khomichak Lubomir, D-r of Science,
Head of Department of Sugar Technology, Sugar Products and Ingredients
Institute of Food Resources of NAAS Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0001-9003-0315

Sheiko Tamila, PhD, Head of department of scientific coordination
research and training of scientific personnel
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-0559-1335

Tkachenko Serhii, PhD, Senior Research Fellow of department
of sugar technology, sugar-containing products and ingredients
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0003-2897-8978

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-21>

Sugar-harmful microorganisms enter production with beets, water, soil and air. Under unfavorable storage conditions, the rapid development of microorganisms begins, leading to loss of sugar. The microflora of raw materials in sugar production is caused by spore-forming and non-spore-forming bacteria, as well micromycetes. Processing of such raw materials is complicated. This leads to poor operation of the filter equipment, increase the color of the juices, foaming of the juices. Corrosion of metal equipment is possible. Sugar yield and quality are reduced. Important in production is the fight against the formation of microbial biofilms. The problem of microbial biofilm formation in the process of obtaining diffusion juice in the sugar industry is considered in the article. This is a big problem in sugar production. With the formation of the biofilm, there is a large loss of sugar. There are no controlled processes. When processing poor quality beets in production, you need to use biocides. They reduce the infection of microorganisms, facilitate the conduct of the technological process. It is possible to predict unaccounted loss of sugar and improve its quality. Different types of biocides are considered in the article. Their chemical composition is shown. Their comparative characteristics and requirements for their quality are given. The influence of biocides on different types of microorganisms of sugar production and the biofilm formed by them is shown and their resistance is noted. The influence of the most common biocides on the diffusion juice of sugar production is considered. The characteristics of diffusion juice before and after exposure to biocides are presented. The article presents the real indicators of the loss of sucrose from microbiological decomposition in the main technological operations of sugar production, namely during extraction, juice purification and in the grocery department.

Keywords: production, sugar beets, diffusion juice, microorganisms, biocides, biofilm

Останнім часом причинами низької якості цукрових буряків, поряд з організаційними та агротехнічними факторами, є складні погодні умови, які, окрім негативного впливу на ріст рослин, значно стимулюють розвиток хвороб листового апарату та кореневої системи.

На якість технологічної сировини значно впливає інфікованість посівного матеріалу і прямий контакт тканин насіння з патогенами. Це призводить до загибелі сходів та загнивання дорослих рослин.

В останні роки якість бурякосировини значно знизилась, про що свідчить не висока ефективність перероблення буряків і значні втрати цукрози.

Технологічні служби цукрового заводу зобов'язані забезпечувати такий режим переробки цукрових буряків, що дасть змогу отримати максимальний вихід товарного цукру за мінімальних його втрат.

На жаль, під час переробки буряків частина цукрози втрачається (до 1,0%), частина – накопичується в мелясі (1,6...2,5% до маси буряків). Якщо перший показник залежить від якості роботи заводу і технологічного обладнання, то другий – значною мірою від складу нецукрів клітинного соку та якості сировини, що переробляється.

Також важливим є показник неврахованих втрат цукрози у виробництві. На величину неврахованих втрат впливає якісний та кількісний склад нецукрів, що перейшли в дифузійний сік і мають бути враховані та ідентифіковані за переробки. Зокрема мова йде про редуруючі речовини, білкові, пектинові, азотовмісні речовини, золу та вміст молочної кислоти.

Мікрофлора в дифузійній установці представлена спороутворюючими і неспороутворюючих бактеріями, а також незначною кількістю мікроміцетів. Однак кількісно переважають спороутворюючі бактерії роду *Bacillus* (*Bac. Subtilis*, *Bac. Mesentericus*, *Bac. Megatherium*, *Bac. Pediculatum*, *Bac. Mycoides*, *Bac. Circulans* та інші). Для їх розвитку оптимальною є температура 37° С, але деякі штами досить активно розвиваються при температурі 54-68° С. Найчастіше в дифузійному соку розвиваються термофіли роду *Bac. stearothermophilus*. При порушеннях температурного режиму і вимушеної зупинки дифузійного апарату в соку розмножуються дріжджі *Saccharomyces*, *Toryla*, *Monilia*, *Candida*.

Наявність спороутворюючих бактерій в дифузійному соку сприяє утворенню інвертного цукру, нітритів і газів, накопичення органічних кислот, близько 95% яких становить молочна кислота. Розвиваючись в жорстких умовах процесу дифузії, спорові бактерії пристосовуються до підвищених температур та утворюють стійку біоплівку [1-3].

Велика частина використовуваних в промисловості біоцидів спрямовані на пригнічення зростання і знищення планктонних форм мікроорганізмів. В основному механізми їх дії пов'язані з пригніченням дихання і обмінних процесів мікроорганізмів, розривом клітинної мембрани, впливом на RNA і DNA. Це може бути ефективно по відношенню вільних, планктонних форм, але мало ефективно щодо мікроорганізмів організованих в мікробні біоплівки. Стратегії впливу на біоплівки в основному спрямовані на поліпшення відкріплення її від поверхні, ослаблення структури та поліпшення проникнення біоциду до мікроорганізмів [4,5].

На сьогоднішній день проводиться розробка і дослідження біоцидів, здатних зруйнувати саме мікробну біоплівку.

Для ефективного пригнічення мікрофлори у технологічному процесі цукробурякового виробництва велике значення має проведення процесів у оптимальних технологічних режимах та з своєчасним дозування біоцидів.

Сучасні біоциди мають відповідати таким вимогам:

- бути не токсичними;
- не забруднювати навколишнє середовище;
- добре зберігатись;
- дозуватись у невеликих кількостях;
- не викликати корозію металів.

В останні роки під час тривалості виробничого сезону цукроваріння була відмічена резистентність деяких видів мікроорганізмів до біоцидів, що закуповувались на весь сезон. Тому важливою задачею є дослідження дії різних біоцидів на напівпродукти бурякоцукрового виробництва з метою встановлення найдієвіших, та запропонувати можливість поетапної заміни цих препаратів в залежності від якості сировини, що надходить на виробництво.

Матеріали та методи

Використовувались методи та методики, які дозволяють визначати основні технологічні показники, викладені і затверджені у посібниках, стандартах та інструкціях галузі, зокрема методики ICUMSA.

Результати і обговорення

Забрудненість бурякової стружки залежить від стану коренеплоду – здоровий коренеплід чи уражений хворобою. Кількість мікроорганізмів в 1 г бурякової стружки може коливатись від 1 млн. до 10 млн. Кількість мікроорганізмів у підморожених та підгнивших буряках може зростати до 31...90 млн в 1 г стружки [5, 6].

Втрати цукрози від розкладання на вітчизняних підприємствах становлять 0,44–1,50% від маси цукрових буряків, на зарубіжних – 0,15–0,40% (Табл.1). Тому контролю за величиною втрат цукрози у виробництві повинна приділятися постійна увага.

Таблиця 1

**Теоретичні (розрахункові) втрати цукрози від розкладання та реальні
(отримані на цукрових заводах України за сезон виробництва з 2018 по 2019рр.)**

Місце в технологічному процесі	Теоретичні невраховані втрати, % від маси буряків	Реальні невраховані втрати, % від маси буряків
Під час екстрагування	0,04	0,08-0,16
Під час очистки соку	0,02	0,05-0,12
При згущенні соку	0,04	0,02-0,06
В продуктовому відділенні	0,05	0,05-0,35
Всього	0,15	0,20-0,69

Жомопресова вода, що повертається, містить велику кількість мікроорганізмів, з яких особливо небезпечні спорові види *Bac. subtilis*, *Bac. stearothermophilus*, *Bac. mesentericus*, *Bac. megaterium*. В 1 мл жомопресової води може міститися від декількох тисяч до декількох мільйонів мікроорганізмів. Слід відмітити, що чим вища мікробіологічна забрудненість дифузійного соку, тим вища забрудненість жомопресової води, і навпаки.

Для зменшення інфікованості при використанні жомопресової і барометричної води для висолоджування цукрози із буряків на дифузії, їх слід піддавати температурній обробці, сульфитації сірчистим ангідридом або вводити біоциди.

Біоциди повинні відповідати наступним вимогам:

- мати високу бактерицидну дію при невеликому розпаді та нетривалій дії на об'єкт;
- діяти за невисокої концентрації;
- добре розчинятися у воді та добре змочувати поверхні;
- бути нетоксичними, не забруднювати оточуюче середовище;
- не погіршувати якість напівпродуктів та товарного продукту;
- не спричиняти корозії обладнання;
- антисептики повинні бути стійкими при зберіганні.

На основі викладеного було прийнято рішення провести порівняльну характеристику існуючих біоцидів, відзначити їх переваги та недоліки (табл. 2).

Але на сьогоднішній день все ж таки в багатьох випадках на цукрових заводах використовують формалін.

Негативні сторони використання формаліну:

1. Токсичність (II клас безпеки) впливає на імунну, нервову системи, органи дихання, спричиняє мутагенні та канцерогенні реакції. Формалін повністю не виводиться із реакційної зони і значна його частина залишається в кінцевому продукті.

2. Зниження чистоти очищених продуктів, підвищення вмісту цукрози в мелясі.

3. Підвищення забарвленості напівпродуктів та цукру-піску.

4. Підвищення вмісту солей кальцію.

**Порівняльна характеристика біоцидів,
що застосовуються у цукроборяковому виробництві**

Існуючі біоциди *	Переваги	Недоліки
На основі N, N-диметилдитіокарбаміату натрію	Ефективна дія	Вартість, резистентність мікроорганізмів, не діє на біоплівку
На основі суміші надоктової кислоти та перекису водню	Ефективна дія на весь ряд мікрофлори дифузійного соку	Вибухонебезпечний при зберіганні та неправильній експлуатації, агресивна корозія металу
На основі гідросульфата амонія і глутарового альдегіда	Ефективна дія	Вибухонебезпечний, токсичний, не діє на біоплівку
На основі полигексаметилгуанидингідрохлорида	Ефективна дія	Не токсичний, не діє на біоплівку
На основі етиленбісдітіокарбамата натрію	Слабка дія	Не токсичний, не діє на біоплівку
На основі антибіотиків пеніцилінового ряду	Активна дія	Резистентність мікроорганізмів, впливає на імунну систему людини
На основі β- хмелевих кислот	Слабка дія	Не токсичний, не діє на біоплівку
На основі солі монензину натрію	Ефективна дія	Не токсичний, не діє на біоплівку
Формалін та його похідні	Активна дія	Токсичний (II клас небезпеки) впливає на імуну, нервову системи, органи дихання, викликає мутагенні і канцерогенні реакції. Формалін повністю не виводиться з реакційної зони і значна його частина залишається в кінцевому продукті.

* з огляду на толерантне відношення до виробників біоцидів, назви препаратів і виробник не вказано. Відмічено лише їх хімічний склад або діюча речовина.

При додаванні 0,2% формаліну до маси буряків кольоровість напівпродуктів збільшується в півтора рази за рахунок утворення меланоїдинів. Методом гель-хроматографії було встановлено, що утворені речовини є високомолекулярними сполуками, які включаються в кристали цукру.

В деяких країнах встановили граничні норми додавання формаліну. Для Англії ця величина становить 0,025% до маси буряків. Багато країн ЄС, виробників цукру, вже заборонили використання формаліну як біоцида. В Німеччині граничний рівень застосування формаліну визначається так званими “хвилями запаху” – максимальною концентрацією формаліну в повітрі робочих місць при сорокап’ятигодинному робочому тижні.

На основі узагальнення теоретичних положень та існуючої на сьогоднішній день проблеми мікробіологічного зараження сировини та напівпродуктів цукрового виробництва і з метою зниження неврахованих втрат цукрози необхідно підібрати антисептичний засіб широкого спектру дії на всю контамінуючу мікрофлору.

У табл. 3 наведена порівняльна характеристика деяких найрозповсюдженіших препаратів і їх вплив на основні технологічні показники дифузійного соку.

Таблиця 3

**Характеристика технологічних показників дифузійного соку
за використання деяких біоцидів**

Назва показника	Дифузійний сік, не оброблений біоцидом	Дифузійний сік, оброблений біоцидом на основі полігексаметилгуанидингидрохлориду	Дифузійний сік, оброблений біоцидом на основі суміші надощтової кислоти та перекису водню	Дифузійний сік, оброблений біоцидом на основі β -хмелевих кислот	Дифузійний сік, оброблений біоцидом на основі антибіотиків пеніцилінового ряду	Дифузійний сік, оброблений формаліном
Вміст сухих речовин, %	19,2	19,2	19,0	19,2	19,2	19,0
pH (норма 5,8-6,2)	5,2	5,3	6,0	5,4	5,8	6,0
Вміст цукрози, %	16,30	16,26	16,26	16,30	16,30	16,28
Кислотність, в перерахунку на молочну кислоту, мг/100СР (норма 400 мг/100СР)	600	540	465	570	480	430

Концентрації біоцидів було взято ті, які рекомендуються технологічними інструкціями виробника препаратів. Всі дослідження проводились за технологічної температури дифузійного соку 68-72°C.

Висновки

Переробка буряків низької якості призводить до перевитрати додаткових реагентів (в тому числі і витрат вапнякового каменю та енергоносіїв) і створює проблеми в технологічному процесі, зокрема утворення стійкого шару піни, ускладнення роботи фільтрувального обладнання, інкрустації нерозчинних солей на поверхні фільтрувальної тканини, наростання вмісту солей кальцію в напівпродуктах, зниження натуральної лужності, що в свою чергу вимагає додавання в технологічний процес гідроксиду натрію або соди.

Тому важливо правильно підібрати біоцид і встановити його необхідну концентрацію задля пригнічення контамінуючої мікрофлори дифузійного соку. За правильно підібраних препаратів можна уникнути низки технологічних порушень і перевитрат допоміжних матеріалів та отримати готову продукцію високої якості.

Бібліографія

1. Fowers M. The Bactericidal Effect of Hop Derived β -acids. ASSBT-Proceedings from the 31st Biennial Meeting at Vancouver, BC (28 Feb. – 3 March 2001). 2001. P. 79-84.
2. Беляева Л. И., Остапенко А. В., Лабузова В. Н., Сысоева Т. И. Состояние пищевой системы диффузионного сока из инфицированной слизистым бактериозом сахарной свеклы при введении ферментных препаратов гликозидазного действия. Вестник Воронежского

государственного университета инженерных технологий. Воронеж. 2019. Том 81, № 2. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-119-124>.

3. Rauh J.S., Cuddihy J.A., Falgout R.N Analyzing dextran in the sugar industry: A review of dextran in the factory and a new analytical technique. 30th Biennial Meeting American Society of Sugar Beet Technologists at Orlando. 1999. P. 29-40.

4. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М. Ефективність сучасних дезінфектантів при переробленні цукрових буряків, уражених бактеріями роду *leuconostoc*. Food technology scientific Works of NUFT. 2017. Volume 23, issue 6 p.109-206

5. Ткаченко С. В., Шейко Т. В., Смоленський В. Б., Бірук О. В., Соколенко Н. О., Грушецький Р. І, Хомічак Л. М. Перспективи застосування електрохімічно активованих розчинів у технологічному процесі цукрового виробництва. Цукор України. 2015. Випуск 5. С. 13-17.

6. Шейко Т. В., Ткаченко С.В., Хомічак Л. М., Олійнічук С. Т., Заїка Ю. І. Шляхи вирішення проблеми пінення напівпродуктів цукрового виробництва. XI Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені 2020 – від теорії до практики» 12 березня 2020 р. Україна. м. Дніпро. с. 87-92.

References

1. Fowers M. (2001). The Bactericidal Effect of Hop Derived β -acids. ASSBT-Proceedings from the 31st Biennial Meeting at Vancouver, BC (28 Feb. – 3 March 2001). 2001. P. 79-84.

2. Belyaeva L., Ostapenko A., Labuzova V., Sysoeva T. (2019). Sostoyanie pishchevoy sistemy diffuzionnogo soka iz infitsirovannoy slizistym bakteriozom sakharoy svekly pri vvedenii fermentnykh preparatov glikozidaznogo deystviya [The state of the food system of diffusion juice from sugar beet infected with mucous bacteriosis of the beet with the introduction of enzyme preparations of glycosidase action], Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhinernykh tekhnologiy [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. Voronezh. Tom 81, № 2. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-119-124>. [in Russian].

3. Rauh J., Cuddihy J., Falgout R. (1999). Analyzing dextran in the sugar industry: A review of dextran in the factory and a new analytical technique. 30th Biennial Meeting American Society of Sugar Beet Technologists at Orlando. P. 29-40.

4. Gusyatska N., Nechipor T. (2017). Yefektivnist suchasnikh dezinfektantiv pri pererobleni tsukrovikh buryakiv, urazhenikh bakteriyami rodu *leuconostoc* [The effectiveness of modern disinfectants in the processing of sugar beet affected by bacteria of the genus *leuconostoc*] Food technology scientific Works of NUFT. Volume 23. issue 6 p.109-206 [in Ukrainian].

5. Tkachenko S., Sheiko T., Smolenskiy V., Biruk O., Sokolenko N., Grushetskiy R., Khomichak L. (2015). Perspektivi zastosuvannya elektrokhimichno aktivovanih rozchiniv u tekhnologichnomu protsesi tsukrovogo virobnitstva [Prospects for the use of electrochemically activated solutions in the technological process of sugar production]. Tsukor Ukraïni [Sugar of Ukraine] V 5. p. 13-17. [in Ukrainian].

6. Sheiko T., Tkachenko S., Khomichak L., Oliynichuk S., Zaika Yu. (2020). Shlyakhi virishennya problemi pinennya napivproduktiv tsukrovogo virobnitstva [Ways to solve the problem of foaming of sugar products] XI Vseukraïnska konferentsiya molodikh vchenikh «Molodi vchyni 2020 – vid tyeorii do praktiki» 12 bereznia 2020 r. [XII All-Ukrainian Conference of Young Scientists "YOUNG SCIENTISTS 2020 – FROM THEORY TO PRACTICE" March 12, 2020]. Ukraine. Dnipro. p. 87-92. [in Ukrainian].