

**ВПЛИВ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ БІОПЛІВКИ
НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА***Шейко Т. В.¹, к.т.н.,**<https://orcid.org/0000-0002-0559-1335>*¹Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна**<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-21>**

Перероблення підморожених і відталих цукрових буряків супроводжується накопиченням у них інвертного цукру, зокрема глюкози та фруктози. Причиною для цього є процес гідролізу вуглеводів. Внаслідок коливань температури буряки втрачають пружність, стінки тканин стають м'якими. На пошкоджених буряках інтенсифікується діяльність мікроорганізмів. У цукровій галузі шкідливі мікроорганізми потрапляють у виробництво з сировиною, водою, не відмитим ґрунтом та повітрям. За неналежних умов 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 є ускладненою та призводить до неритмічної роботи цукрового заводу, технологічних процесів та до корозії металу технологічного обладнання. Суттєво знижується вихід цукру та його якість. Важливим фактором є боротьба з утворенням мікробної біоплівки. У статті розглянуто проблему утворення мікробної біоплівки в процесі отримання дифузійного соку в цукровій промисловості. Розглянуто структуру біоплівки та її стабільність у часі. За умов активного утворення біоплівки спостерігаються неконтрольовані невраховані втрати цукрози. За умов перероблення буряків низької якості на виробництві потрібно використовувати біоциди та ферменти. Вони знижують зараження напівпродуктів виробництва мікроорганізмами, значно полегшують ведення технологічного процесу, а також дозволяють прогнозувати невраховані втрати цукру і дають змогу покращити його якість і вихід. У статті розглянуто вплив різних видів біоцидів на декстран, що є прикладом утвореної мікробної біоплівки. Наведено порівняльну характеристику впливу біоцидів на декстрин та описано їх резистентність.

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

INFLUENCE OF A MICROBIOLOGICAL BIOFILM
ON THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF SUGAR PRODUCTIONTamila Sheiko¹, PhD, Technics<https://orcid.org/0000-0002-0559-1335>¹Institute of Technical Thermophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-21>

During the processing of frozen and thawed sugar beets, invert sugar, in particular glucose and fructose, accumulates in them. This is due to the process of hydrolysis of carbohydrates. As a result of temperature fluctuations, beets lose elasticity, and tissue walls become soft. The activity of microorganisms intensifies on damaged beets. In the sugar industry, harmful microorganisms enter the production with raw materials, water, unwashed soil and air. Under improper storage conditions of raw materials the rapid development of microorganisms begins leading to sugar loss. The microflora of raw materials in sugar production is due to spore-forming and non-spore-forming bacteria, as well as micromycetes. Processing in the production of such raw materials is complicated. This leads to non-rhythmic operation of the sugar factory, technological processes and metal corrosion of technological equipment. Sugar yield and quality are significantly reduced. An important factor is the protection from the formation of microbial biofilms. The article considers the problem of formation of microbial biofilm in the process of obtaining diffusion juice in the sugar industry. The structure of the biofilm and its stability over time are considered. Under the conditions of active biofilm formation, uncontrolled unaccounted losses of sucrose are observed. Under conditions of low-quality beet processing, biocides and enzymes must be used in the production. They reduce the contamination of intermediate products by microorganisms, greatly facilitate the technological process. They also allow you to predict unaccounted sugar losses and improve its quality and yield. The article considers the effect of different types of biocides on dextran, which is an example of the formation of microbial biofilms. The comparative characteristic of influence of biocides on dextran is given and their resistance is noted.

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

Вступ. Основною метою переробки цукрових буряків є максимальний вихід товарного білого цукру і його мінімальні втрати у виробництві. Як відомо, під час переробки цукрових буряків, частина цукрози втрачається. Величина втрат може досягати 1% від загальної цукристості. Зокрема, варто звернути увагу на відсоток неврахованих втрат цукрози у виробництві. Вони залежать не лише від якості сировини, а й від умов проведення технологічного процесу та від встановленого обладнання. Здебільшого невраховані втрати цукрози викликані інфікуванням цукрових буряків та впливом високих температур. Адаптивний приріст мікрофлори також зумовлюється переробленням підморожених та відталих буряків, що спричиняє утворення слизистого бактеріозу, вмісту декстрану на стадії сокодобування.

Постановка проблеми. Впродовж зберігання підморожених і відталих цукрових буряків в них накопичується інвертний цукор, зокрема глюкоза і фруктоза. Це відбувається внаслідок гідролізу вуглеводів, в тому числі і цукрози, який відбувається значно інтенсивніше ніж при звичайному процесі дихання і життєдіяльності рослини. Внаслідок впливу температури буряки втрачають тургор, тобто пружність, стінки тканин стають м'якими. На пошкоджених буряках діяльність мікроорганізмів інтенсифікується, що призводить до накопичення продуктів їх метаболізму.

Резервом підвищення виходу цукру є зменшення неврахованих втрат сахарози у виробництві, які в середньому складають до 0,48% до маси перероблених буряків. Втрати сахарози від розкладання в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки

складають 0,08-0,18% до маси буряків. Основними чинниками, що призводять до розкладання сахарози під час екстрагування, є дія клітинної інвертази буряків, кислотний каталіз та перебіг мікробіологічних процесів [1,2].

Отриманий дифузійний сік з буряків низької якості вимагає значного корегування технологічного режиму за його перероблення, а саме додаванням широкого спектру хімічних реагентів. Внаслідок цього підвищується можливість наростання забарвленості напівпродуктів та значно ускладнюється процес фільтрування, що може призвести навіть до зупинки фільтрувального обладнання. Також значно збільшується час уварювання утфелю із соків низької якості, що у свою чергу впливає на якість готової продукції.

Матеріали і методи. Використовувались загальноприйняті методики, що діють у цукровій галузі та викладені у інструкціях, стандартах і методиках ICUMSA.

Результати і їх обговорення. Внаслідок ураження коренеплодів в буряковому соку утворюється декстран, наявність якого спричиняє не лише прямі втрати сахарози, але й створює значні проблеми у виробництві. Декстран, який найчастіше виявляється у напівпродуктах бурякоцукрового виробництва, утворюється бактеріями роду *Leuconostoc*, *Lactobacillus* та *Streptococcus*. Найбільш поширеним видом серед бактерій, що утворюють слиз і зустрічаються у цукровому виробництві, є *Leuconostoc mesenteroides*. Утворення декстрану саме цим видом бактерій відбувається внаслідок розкладу сахарози, аналогічно процесу ферментативної інверсії, за винятком того, що глюкоза полімеризується на декстран, а фруктоза слугує для живлення бактерій [3-5].

До особливих характеристик розвитку слизистого бактеріозу, а також «кльоку», слід віднести стійкість бактерій, яка забезпечується утворенням зовнішньої декстранової (полісахаридної) капсули – біоплівки. Така біоплівка стійка до впливу хімічних засобів, високої температури та інших фізико-хімічних чинників (рис. 1).



Рис. 1. Утворення біоплівки на обладнанні цукрового заводу - а); збільшення у 4 рази під мікроскопом зіскобу біоплівки - б).

Ученими [6] встановлено, що бактеріальний цукор на клітинній поверхні – це полісахариди, які закріплюються на поверхні бактерії у вигляді спіралі, забезпечуючи структуру, яка сприяє міжклітинній взаємодії. Коли кілька бактеріальних клітин об'єднуються за допомогою такої структури, вони утворюють так звану біоплівку – стійке співтовариство, здатне протистояти впливу антисептиків та біоцидів.

Біоплівки – це високоорганізовані, рухливі спільноти, що складаються з активно функціонуючих клітин. Вони можуть складатися з одного або, що зустрічається частіше, з декількох видів мікроорганізмів.

Найкраще біоплівки утворюються у вологому середовищі з великою кількістю поживних речовин. Ці мікроколонії закріплюються на поверхнях промислового обладнання та трубопроводів, спричиняючи корозію та інші пошкодження.

Біоплівка, в решті решт, перетворюється на тривимірну грибоподібну масу. Потім, у запрограмованій серії подій, біоплівка ініціює процес створення іншої мікроколонії клітин.

Процес утворення біоплівки ілюструє схема на рис. 2.



Рис. 2. Схема утворення біоплівки

Утворення біоплівок – це складний комплексний динамічний процес, що складається з декількох етапів: адгезії клітин на поверхні і перерозподілу клітинної маси; активного ділення клітин для створення клітинних кластерів; утворення екзополімерного слизового матриксу.

Початкове прикріплення мікробної клітини до поверхні субстрату здійснюється за рахунок дії електростатичних, гідрофобних сил, сил Ван дер Ваальса, неспецифічної адгезії. Механізм адгезії грампозитивних бактерій відрізняється від механізму адгезії грамнегативних. Так, наприклад, найважливішим елементом в процесі адгезії стафілококів є полісахарид (Polysaccharide Intercellular Adhesin - PIA), який бере участь як в клітинній субстратній адгезії, так і в подальшому формуванні клітинних кластерів. У грамнегативних мікроорганізмів важливу роль в адгезії і клітинній агрегації відіграють джгутики і фімбрії IV типу. Рух, обумовлений джгутиками, сприяє поширенню і утворенню клітинного моношару на субстраті, а фімбрії IV типу беруть участь у клітинній агрегації за рахунок лектинової взаємодії. За умов інтенсивного розмноження бактерій вони більш міцно прилипають до поверхні, диференціюються, обмінюються генами, що забезпечує їх виживання.

Процес формування біоплівки можна розділити на три етапи:

1. Прикріплення до поверхні. Найчастіше мікроорганізми існують у вигляді вільно плаваючих мас або одиничних (наприклад, планктонних) колоній. Однак в нормальних умовах більшість мікроорганізмів прагне прикріпитися до поверхні і, в кінцевому рахунку, утворити біоплівку.

2. Перманентне прилипання до поверхні. У міру розмноження бактерій вони більш міцно прилипають до поверхні, диференціюються, обмінюються генами, що забезпечує їх виживання.

3. Формування слизового захисного матриксу – біоплівки. Стійко приєднавшись, бактерії починають утворювати екзополісахаридний навколишній матрикс. Це запобіжний матрикс або «слиз» (EPS-matrix).

Наявність біополімерних матриксів, що оточують біоплівки, здатні перешкоджати дифузії поживних речовин до мікроорганізмів, а також накопиченню метаболітів за рахунок великої щільності клітин всередині біоплівок. Для бактерій в біоплівці створюються умови зростання з обмеженим доступом кисню і недостатньою кількістю

продуктів для їх живлення, що подібно до умов росту клітин у стаціонарній фазі. Вважається, що за фізіологічним станом та за метаболічною активністю клітини, що живуть у складі біоплівки, більш подібні до клітин стаціонарної фази росту, ніж з до клітин, що активно зростають.

Саме це може бути однією з причин підвищеної резистентності до несприятливих факторів клітин бактерій в біоплівці, оскільки відомо, що бактерії в фазі уповільнення зростання і стаціонарній фазі більш стійкі до дії антибактеріальних агентів. Дія більшості антимікробних препаратів націлена на клітини, які активно діляться. Фактично всі антимікробні та антибактеріальні препарати ефективніші щодо швидко зростаючих клітин і менш ефективні відносно не зростаючих мікроорганізмів.

Із джерел [7-10] відомо, що планктонні бактерії, наприклад, стафілококи, стрептококи, псевдомонади, кишкова паличка, зазвичай приєднуються одна до одної протягом декількох хвилин; утворюють міцно з'єднані мікроколонії протягом 2-4 годин; виробляють позаклітинні полісахариди і стають значно більш толерантними до біоцидів, наприклад, до антибіотиків, антисептиків і дезінфектантів. Протягом 6-12 годин утворюються зрілі колонії біоплівки, які дуже стійкі до біоцидів, і планктонні бактерії життєздатні протягом 2-4 днів, залежно від їх умов зростання; швидко відновлюються після механічного руйнування і знову формують зрілу біоплівку протягом 24 годин.

Резистентність до антибіотиків мікроорганізмів в складі біоплівки, порівняно з планктонними формами, обумовлена здатністю бактерій накопичувати в матриксі позаклітинні ферменти, що руйнують біоциди і антисептики на антибіотиковій основі. Агрегаційна природа біоплівки пов'язана зі зменшенням площі відкритої поверхні клітин, що призводить до фізичної недоступності молекул. Також особливу роль відіграє резистентний фенотип клітин і знижений метаболізм мікроорганізмів в біоплівці, який досягається за рахунок їх багаточислової топографії і призводить до зниження чутливості до біоцидів. Будова біоплівки ідеально сприяє процесу обміну генетичною інформацією, в тому числі резистентністю до ряду хімічних препаратів, за рахунок тісного контакту і стабільної просторової локалізації клітин.

Для боротьби з цими мікроорганізмами використовуються спеціальні хімічні речовини або суміші речовин - антисептичні препарати, біоциди. На сьогоднішній день важко підібрати препарат, який здатен якісно видалити біоплівку і бути дозволеним до використання у харчовій промисловості.

Екзополімерний матрикс біоплівки може обмежувати дифузію речовин і блокувати дію антимікробних препаратів. Позаклітинні полімерні речовини, складові матриксу, є дифузійним бар'єром для молекул антимікробних речовин. Бактерії в біоплівці можуть обмінюватися плазмами, що містять гени, відповідальні за їх резистентність до біоцидів та антибіотиків. Фізична близькість клітин в біоплівках полегшує передачу плазмід в популяції бактерій.

Наразі, найбільш перспективними є наступні напрямки боротьби з біоплівкою:

- 1) запобігання первинного інфікування середовищ і поверхонь;
- 2) мінімізація початкової адгезії мікробних клітин;
- 3) розробка методів проникнення через матрикс біоплівки різних біоцидів з метою пригнічення активності клітин всередині біоплівки;
- 4) блокування синтезу або руйнування матриксу;
- 5) порушення міжклітинної обміну інформацією (інгібування QS регуляції).

Запобігання первинному інфікуванню середовищ і поверхонь здійснюється за рахунок додавання біоцидних препаратів на різних стадіях технологічних процесів виробництва.

Мінімізація адгезії мікробних клітин пов'язана з модифікацією поверхонь технічного обладнання (електрополірування, використання спеціальних антибактеріальних покриттів, лаків, фарб), а також із введенням до системи агентів, які гальмують взаємодію бактерій з поверхнями (наприклад, гідрофобних речовин).

В лабораторних умовах було проаналізовано вплив найрозповсюдженіших у цукровій галузі біоцидів та ферментних препаратів з метою визначення їх впливу на технологічні показники дифузійного соку та на вміст декстрану у ньому, тому що вміст декстрану є найбільш відповідним показником наявності біоплівки у виробництві. Отриманий дифузійний сік, отриманий з буряків уражених слизистим бактеріозом, залишили на 6 годин на водяній бані з підтриманням оптимальної температури 50-55°C, що максимально відповідає температурі проведення процесу екстрагування цукрози з бурякової стружки, з метою формування стійкої біоплівки. Потім дифузійний сік піддавали обробленню різними біоцидами та ферментними препаратами (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив різних біоцидів та ферментних препаратів на технологічні показники дифузійного соку з ураженням мікробіологічною біоплівкою

Діюча речовина	Вміст декстрану, %	pH	Кислотність соку в перерахунку на молочну кислоту, мг/100 СР (норма – 400 мг/100 СР)
На основі ціаністого дітіокарбонатдинатрія	0,049	5,8	460
На основі ферментного препарату «Декстраназа»	0,048	5,2	560
На основі ферментного препарату «Laminex750»	0,042	5,3	555
На основі полігексаметил-гуанідингідрохлориду	0,052	5,3	540
На основі суміші перекису водню та надोцтової кислоти	0,049	6,0	465
На основі β-хмелевих кислот	0,059	5,4	570
На основі антибіотиків пеніцилінового ряду	0,052	5,8	480
На основі формальдегіду	0,052	6,0	430
Для порівняння – дифузійний сік без додавання біоцидів	0,061	5,2	600

*з огляду на толерантне відношення до виробників, назви препаратів не вказано

Проаналізувавши дані Таблиці 1, можна сказати, що не прослідковується чітка залежність між зниженням кислотності дифузійного соку і зниженням вмісту декстрану в дифузійному соку, що свідчить про вплив біоцидів на вільну мікрофлору соку та низький їх вплив на стійку біоплівку, що видно з незначної кількості розкладеного декстрану. Як було сказано вище, саме декстран є основою полісахаридного матрикса біоплівки.

Поліпшення проникнення біоциду через матрикс намагаються вирішувати наступними шляхами: збільшенням концентрації біоциду; використанням речовин, які сприяють проникненню біоциду через матрикс біоплівки; використанням наночастинок для проникнення до мікроорганізмів; використанням ферментів для часткового руйнування матриксу тощо. Однак жоден з методів не є достатньо ефективним, а деякі (наприклад, збільшення концентрації біоциду) – небезпечними для використання в харчовій промисловості, для людини і навколишнього середовища.

На сьогоднішній день підбір хімічних біоцидів триває. Цукрова галузь України і світу наближається до розв'язання проблеми руйнування утворених біоплівок.

Висновки. На підставі узагальнення теоретичних і практичних даних щодо проблем цукрової галузі харчової промисловості можна стверджувати, що досить гостро стоїть

питання боротьби з біоплівкою, яка утворюється в ході мікробіологічного зараження сировини та напівпродуктів цукрового виробництва.

На ступінь мікробіологічного зараження впливає якість сировини, її хімічний склад і особливості проведення технологічних операцій. Саме активний розвиток мікрофлори призводить до неврахованих втрат сахарози у виробництві, обволікання технологічного обладнання стабільною біоплівкою та до сильного зниження якості напівпродуктів виробництва і, відповідно, до зниження якості готової продукції. Також в ході порушень технологічного режиму може частково знижуватися і вихід готової продукції.

Бібліографія

1. Кульнева Н.Г., Шматова А.И., Манько Ю.И. Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014;(1):193-196. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2014-1-193-196>.
2. Хомічак Л. М., Шейко Т. В., Ткаченко С. В. Аналіз і порівняльна характеристика антисептичних засобів цукробурякового рибництва. Продовольчі ресурси 2020, №14, с. 204-210. <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-21>.
3. 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.
4. Seres Z., Maravic N., Rakic D., Dokic L., Nikolic I., Soronja-Simovic D., Dordevic M. Application of biocides in the process of sucrose extraction from sugar beet: Effect on sucrose content, number of *Leuconostoc* colonies and wet pulp characteristics LWT - Food Science and Technology Volume 75, 1 January 2017, Pages 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.038>
5. Городецкий В.О., Люсый И.Н., Даишева Н.М., Семенихин С.О., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Инновационные технологии в области очистки диффузионного сока свеклосахарного производства. Научные труды СКФНЦСВВ. Том 15. 2018 с. 173-179. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-15-173-179>.
6. Khangholi M. , Jamalli A. The Effects of Sugars on the Biofilm Formation of *Escherichia coli* 185p on Stainless Steel and Polyethylene Terephthalate Surfaces in a Laboratory Model. Jundishapur J Microbiol. National Center for Biotechnology Information, Bethesda MD. USA. 2016 Sep; 9(9): e40137. <https://doi.org/10.5812/jjm.40137>.
7. Брандштеттер О., Гаценко С. В., Третьяков Д. Ю., Шейко Т. В. Негативное влияние бактерий и микробных биоплёнок в сахарной промышленности. Журнал Сахар, №4. Москва. 2020. С. 22-26.
8. Сотников В.А., Мустафин Т.Р., Сотников А.В. Практическое применение препаратов «Дефеказа» и «Фильтраза»: вопросы и ответы. Журнал Сахар, № 4, Москва, 2020. С.36-42. <https://doi.org/10.24411/2413-5518-2020-10404>.
9. 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. 2019; 81(2):119-124. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-119-124>.
10. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М., Тетеріна С. М. Дослідження ефективності застосування природного антимікробного засобу "Бетастаб" при переробленні цукрових буряків. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. Т. 23, № 1. С. 196-202.

References

1. Kul'neva N.G., Shmatova A.I., Man'ko Yu.I. (2014). Mikroflora sveklosakharnogo proizvodstva: problemy i puti resheniya [Microflora of sugar beet production: problems and solutions]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy

[Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2014;(1):193-196. [in Russian]. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2014-1-193-196>.

2. Khomichak L. M., Sheiko T. V., Tkachenko S. V. (2020). Analiz i porivnyal'na kharakterystyka antyseptychnykh zasobiv tsukroburyakovoho robnystva [Analysis and comparative characteristics of antiseptics of sugar beet production]. Prodovolchi resursy [Food Resources] 2020, №14, s. 204-210 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-21>

3. Gusyatsinska N. A., Nechipor T. M. (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].

4. Seres Z., Maravic N., Rakic D., Dokic L., Nikolic I., Soronja-Simovic D., Dordevic M. (2017). Application of biocides in the process of sucrose extraction from sugar beet: Effect on sucrose content, number of Leuconostoc colonies and wet pulp characteristics LWT. Food Science and Technology. Vol. 75, 1 January 2017, P. 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.038>.

5. Gorodetskiy V.O., Lyusyy I.N., Daisheva N.M., Semenikhin S.O., Kotlyarevskaya N.I., Usmanov M.M. (2018). Innovatsionnyye tekhnologii v oblasti ochistki diffuzionnogo soka sveklosakharnogo proizvodstva [Innovative technologies in the field of purification of diffusion juice of beet sugar production]. Nauchnye trudy SKFNTSSVV [Scientific works]. Tom 15. 2018 s. 173-179 [in Russian] <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-15-173-179>.

6. Khangholi M. , Jamalli A. (2016). The Effects of Sugars on the Biofilm Formation of Escherichia coli 185p on Stainless Steel and Polyethylene Terephthalate Surfaces in a Laboratory Model. Jundishapur J Microbiol. National Center for Biotechnology Information, Bethesda MD. USA. 2016. Sep; 9(9): e40137. <https://doi.org/10.5812/jjm.40137>

7. Brandshtetter O., Hatsenko S. V., Tretyakov D. YU., Sheiko T. V. Negativnoye vliyaniye bakteriy i mikrobnnykh bioplonek v sakharoy promyshlennosti [Negative influence of bacteria and microbial biofilms in the sugar industry] Zhurnal Sakhar [Sugar Journal]. №4. Moskva. 2020. P 22-26 [in Russian].

8. Sotnikov V.A., Mustafin T.R., Sotnikov A.V. (2020). Prakticheskoye primeneniye preparatov "Defekaza" i "Filtraza": voprosy i otvety [Practical application of the drugs "Defecase" and "Filtraza": questions and answers]. Zhurnal Sakhar [Sugar Journal]. № 4, Moskva, 2020. S.36-42. [in Russian]. <https://doi.org/10.24411/2413-5518-2020-10404>.

9. Belyaeva L. I., Ostapenko A. V., Labuzova V. N., Sysoeva T. I. (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. [in Russian]. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-119-124>

10. Husyatynska N. A., Nechypor T. M., Teterina S. M. (2017). Doslidzhennya efektyvnosti zastosuvannya pryrodnoho antymikrobnogo zasobu "Betastab" pry pererobleni tsukrovikh buryakiv [Research of efficiency of application of natural antimicrobic means "Betastab" at processing of sugar beets]. Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohiy [Scientific works of National university of food technologies]. 2017. T. 23, № 1. S. 196-202. [in Ukrainian].