

Совершенствование технологии экстрагирования сахарозы при переработке некондиционного сырья

Надежда Г. Кульнева¹ ngkulneva@ya.ru  0000-0003-3802-9071
Юлия И. Последова² julija979@rambler.ru  0009-0009-5939-4490

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

2 ООО «Вестерос», ул. Бахметьева, д. 2Б, г. Воронеж, 394006, Россия

Аннотация. Длительное хранение больших объемов сахарной свеклы, обусловленное повышением производственной мощности предприятий, приводит к снижению технологического качества сырья. Нестабильные погодные условия вызывают замораживание и последующее оттаивание, что разрушает свекловичную ткань, повышая ее доступность действию микроорганизмов. Переработка некондиционного сырья сопровождается использованием целого спектра бактерицидных препаратов на разных этапах производства, к которым со временем вырабатывается резистентность сопутствующей микрофлоры. Для снижения степени инфицированности полупродуктов на верстаке производства предлагается использовать бактерицидный препарат на основе натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты (ДХИЦН), который можно вводить в экстрагент перед подачей в диффузионный аппарат. Экспериментально установлено влияние количества, концентрации раствора ДХИЦН и температуры экстрагента на качественные характеристики диффузионного и очищенного соков. Выявлено положительное влияние ДХИЦН при переработке свеклы, обсемененной *Leuconostoc mesenteroides*. С использованием методов математического моделирования получены регрессионные зависимости, отражающие взаимосвязь параметров процесса и качественных характеристик соков. Установлены оптимальные параметры использования ДХИЦН при подготовке экстрагента для диффузионного процесса: температура 65°С, концентрация раствора ДХИЦН 0,05 %, его количество 15 %. Данный препарат может быть использован также на стадиях хранения сахарной свеклы, обработки свекловичной стружки перед экстрагированием, дезинфекции оборудования.

Ключевые слова: сахарная свекла, технологическое качество, экстрагирование, бактерицидный препарат, сахароза.

Improving sucrose extraction technology when processing substandard raw materials

Nadezhda G. Kulneva¹ ngkulneva@ya.ru  0000-0003-3802-9071
Yulia I. Posledova² julija979@rambler.ru  0009-0009-5939-4490

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

2 LLC "Vesteros", st. Bakhmetyeva, 2B, Voronezh, 394006, Russia

Abstract. Long-term storage of large volumes of sugar beets, due to an increase in the production capacity of enterprises, leads to a decrease in the technological quality of raw materials. Unstable weather conditions cause freezing and subsequent thawing, which destroys beet tissue, increasing its accessibility to microorganisms. Processing of substandard raw materials is accompanied by the use of a whole range of bactericidal drugs at different stages of production, to which resistance of the accompanying microflora develops over time. To reduce the degree of infection of intermediate products at the production site, it is proposed to use a bactericidal preparation based on the sodium salt of dichloroisocyanuric acid (DCCN), which can be introduced into the extractant before feeding it into the diffusion apparatus. The influence of the quantity, concentration of the DCCN solution and the temperature of the extractant on the qualitative characteristics of diffusion and purified juices was experimentally established. A positive effect of DCN was revealed during the processing of beets contaminated with *Leuconostoc mesenteroides*. Using mathematical modeling methods, regression dependencies were obtained that reflect the relationship between process parameters and quality characteristics of juices. The optimal parameters for the use of DCCN in preparing the extractant for the diffusion process have been established: temperature 65 °C, concentration of the DCCN solution 0.05 %, its amount 15 %. This drug can also be used at the stages of storing sugar beets, processing beet chips before extraction, and disinfecting equipment.

Keywords: sugar beet, technological quality, extraction, bactericidal preparation, sucrose.

Введение

В настоящее время на территории РФ действуют 65 сахарных заводов, из которых более половины перерабатывают в сутки по 6 тыс. т свеклы и более, что обуславливает заготовку и хранение большого количества сырья.

Возрастающая ежегодно урожайность сахарной свеклы приводит к увеличению продолжительности сезона переработки, что повышает эффективность использования основных производственных фондов и прибыль предприятия в целом.

Для цитирования

Кульнева Н.Г., Последова Ю.И. Совершенствование технологии экстрагирования сахарозы при переработке некондиционного сырья // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 122–128. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-122-128

For citation

Kulneva N.G., Posledova Yu.I. Improving sucrose extraction technology when processing substandard raw materials. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 122–128. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-122-128

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Неблагоприятное влияние природно-климатических факторов затрудняет хранение больших объемов сахарной свеклы и отрицательно влияет на ее технологическое качество [1–3]. Чередование морозов и оттепелей вызывает подмораживание и последующее оттаивание свекловичной ткани: изменяется ее структура, снижается тургор, падает иммунитет, что приводит к поражению кагатной гнилью, а затем вторичной микрофлорой, среди которой преобладает *Leuconostoc mesenteroides* [4, 5].

Переработка пораженной слизистой микрофлорой свеклы имеет ряд сложностей, которые проявляются уже в свеклоперерабатывающем отделении, где температура 10–30 °С благоприятствует развитию данной группы микроорганизмов [6–8].

Для снижения активности бактериальной микрофлоры проводится антисептирование транспортерно-мочной воды известковым молоком и хлорной известью, сахарная свекла после мойки также ополаскивается хлорированной водой, вводят бактерицидные препараты непосредственно в диффузионный аппарат, жомопрессовую воду подвергают тепловой стерилизации, а добавочную сульфитируют, обрабатывают серной кислотой, подвергают электрохимическому воздействию [9–15].

Применение одних и тех же препаратов вызывает резистентность микроорганизмов и снижает эффективность их использования, поэтому исследования по внедрению новых бактерицидных агентов являются актуальными [16, 17].

Обсуждение

Предлагаемый реагент на основе натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН) относится к антисептическим хлорсодержащим препаратам, механизм действия которых состоит в хлорирующем и окислительном действии. Растворяясь в воде, хлор образует хлористоводородную и хлорноватистую кислоты, которые вступая в реакцию с белками, образуют соединения типа хлораминов и легко отдают атомарный хлор, который денатурирует белки и разрушает клеточные мембраны микробной клетки. Кроме этого, хлорноватистая кислота, разлагаясь, выделяет атомарный кислород, который окисляет ряд жизненно важных ферментов микробной клетки [18].

Данный препарат обладает отбеливающим действием и не вызывает коррозию металла.

Для выбора рациональной концентрации бактерицидного препарата использовали водные

растворы массовой долей 0,0325; 0,075; 0,15%, которые вводили в экстрагент для диффузионного процесса. В качестве сравнения проводили диффузию без обработки экстрагента ДХЦН.

Предварительно полученные растворы реагентов подогревали до 70 °С и добавляли в экстрагент в соотношении 10% раствора реагента + 90% конденсата. Подготовленный экстрагент вводили в предварительно ошпаренную стружку и проводили диффузию в течение 60 мин, отделяли диффузионный сок, термостатировали при температуре 20 °С, проводили его анализ (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели диффузионного сока при различной концентрации ДХЦН в экстрагенте

Table 1.

Indicators of diffusion juice at different concentrations of DCCN in the extractant

Показатели Indicators	Массовая доля бактерицидного препарата, % Mass fraction of bactericidal drug, %			
	0	0,0325	0,075	0,15
Чистота, % Purity, %	90,1	90,8	92,0	90,7
Содержание белков, мг/см ³ Protein content, mg/cm ³	0,335	0,29	0,28	0,265

При обработке раствором ДХЦН концентрацией 0,075% экстрагента чистота диффузионного сока увеличивается, содержание белков снижается. При концентрации раствора реагента минимальной (0,0325%) и максимальной (0,15%) значительного повышения чистоты диффузионного сока в сравнении с классической диффузией не происходит.

После получения диффузионного сока проводили его очистку, включающую предварительную дефекацию при температуре 55–60 °С продолжительностью 15 мин с добавлением известкового молока ($\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$) до значений pH сока 10,8–11,2, далее теплую и горячую ступени основной дефекации в течение 20 и 10 мин соответственно и обрабатывали сатурационным газом при температуре 90 °С до pH 11,0–11,2, отделяли осадок. В фильтрат добавляли известковое молоко 0,3% к массе сока и сатурировали при температуре 95 °С до pH сока 9,0–9,2. В полученном сатурационном соке определяли чистоту, цветность и массовую долю солей кальция (рисунок 1–3).

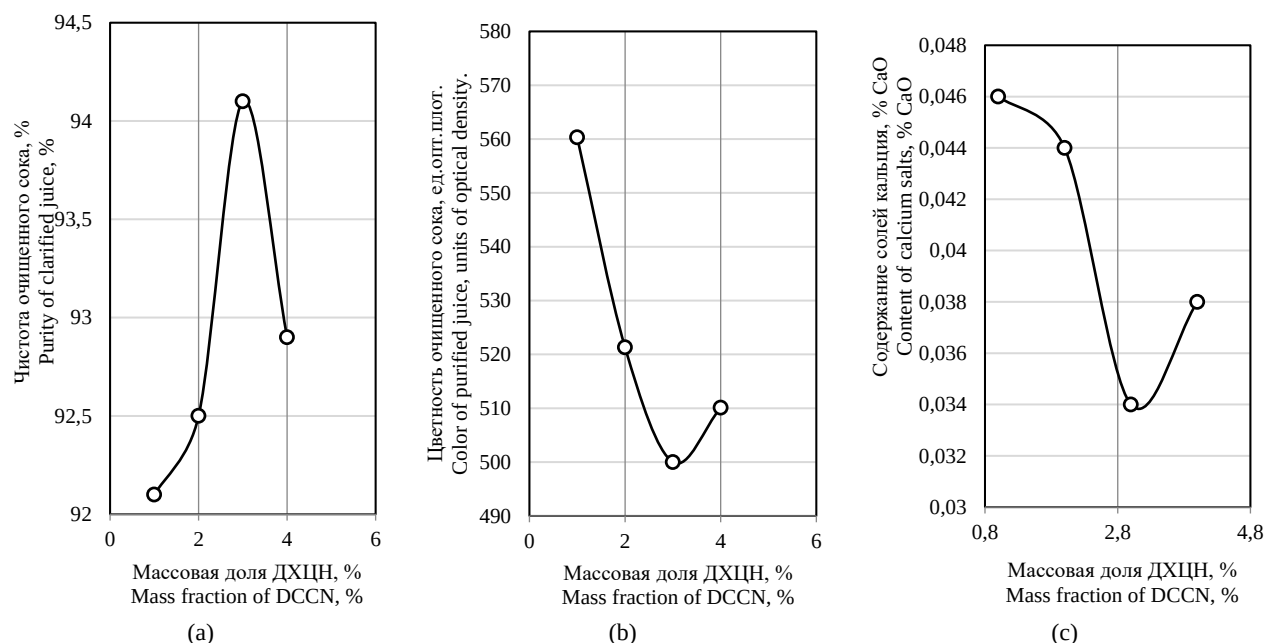


Рисунок 1. Зависимость чистоты очищенного сока (а), цветности (б) и содержания в нем солей кальция (в) от концентрации раствора бактерицидного препарата, применяемого на диффузии

Figure 1. Dependence of the purity of purified juice (a), color (b) and the content of calcium salts in it (c) on the concentration of the bactericidal solution used on diffusion

Установлено, что при проведении диффузии с добавлением раствора ДХЦН в экстрагент качественные показатели диффузионного и очищенного соков улучшаются. Наиболее высокие показатели при концентрации реагента 0,075%.

Перед проведением диффузии добавляли в экстрагент раствор хлорсодержащего реагента массовой долей 0,075% в количестве 10, 20 и 30% (таблица 2).

Таблица 2.

Показатели диффузионного сока в зависимости от количества раствора ДХЦН при обработке экстрагента

Table 2.

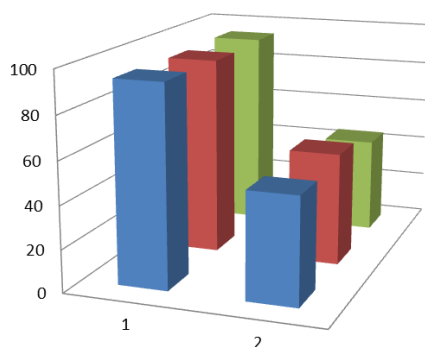
Indicators of diffusion juice depending on the amount of DCCN solution when processing the extractant

Показатели Indicators	Количество добавляемого реагента, % Amount of added reagent, %			
	0	10	20	30
Чистота, % Purity, %	85,8	87,1	87,3	87,4
Содержание белков, мг/см ³ Protein content, mg/cm ³	0,585	0,505	0,5	0,5
Массовая доля редуцирующих веществ, % Mass fraction of reducing substances, %	0,0978	0,0310	0,0357	0,0366

Из экспериментальных данных видно, что с увеличением количества раствора ДХЦН, используемого для подготовки экстрагента, чистота диффузионного сока увеличивается, содержание белка снижается. Но эти изменения незначительны. Минимальное содержание редуцирующих веществ соответствует добавлению раствора ДХЦН в экстрагент в количестве 10%. Следовательно, количество 10% достаточно для достижения хороших показателей на диффузии и рентабельно с экономической точки зрения.

Проведены исследования по выбору способа подготовки свекловичной стружки к экстрагированию путем ее предварительной тепловой обработки (для колонного и ротационного диффузионного аппарата) и без тепловой обработки (наклонный аппарат) (рисунок 2).

Для оценки влияния раствора ДХЦН в составе экстрагента на переработку свеклы, пораженной слизистым бактериозом, свеклу измельчали, обсеменяли чистой культурой *Leuconostoc mesenteroides* и оставляли на 72 часа в термостате при температуре 25 °С, затем получали свекловичную стружку, проводили экстрагирование и очистку полученного сока. Использовали экстрагент с концентрацией 0,075% в количестве 10% раствора ДХЦН (таблица 3).



■ типовая | typical; ■ с ошпариванием | with scalding; ■ без ошпаривания | without scalding

Рисунок 2. Показатели качества диффузионного сока при различных способах обработки стружки перед экстрагированием: 1 – чистота, %; 2 – содержание белка · 10², мг/см³

Figure 2. Quality indicators of diffusion juice for different methods of processing shavings before extraction: 1 – purity, %; 2 – protein content · 10², mg/cm³

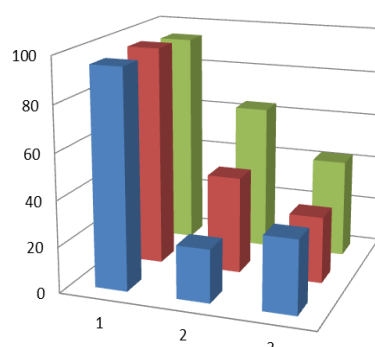


Рисунок 3. Показатели очищенного сока в способах с ошпариванием и без ошпаривания свекловичной стружки: 1 – чистота, %; 2 – цветность · 10⁻¹, ед. опт. плот.; 3 – соли Ca · 10³, % CaO

Figure 3. Indicators of purified juice in methods with and without scalding of beet chips: 1 – purity, %; 2 – chromaticity · 10⁻¹, units. wholesale raft.; 3 – salts Ca · 10³, % CaO

Таблица 3.

Показатели диффузионного и очищенного соков при переработке свеклы, обсемененной *Leuconostoc mesenteroides*

Table 3.

Indicators of diffusion and purified juices during the processing of beets contaminated with *Leuconostoc mesenteroides*

Показатели Indicators	Экстрагент без обработки Extractant without treatment	С раствором ДХЦН With DCC solution
Диффузионный сок Diffusion juice		
Чистота, % Purity, %	89,7	91,2
Содержание белков, мг/см ³ Protein content, mg/cm ³	0,695	0,550
Очищенный сок Purified juice		
Чистота, % Purity, %	91,6	92,5
Цветность, ед. опт. плот. Color, units of optical density	251,6	233,2

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что добавление раствора ДХЦН в экстрагент при проведении диффузии благоприятно сказывается на качественных показателях соков из свеклы с начальной стадией поражения слизистым бактериозом.

Бактерицидное действие хлора связано с протеканием процессов окисления соединений, входящих в состав цитоплазмы клетки. Механизм бактерицидного действия хлора и его кислородсодержащих соединений заключается во взаимодействии с составными частями клеток микроорганизмов, в первую очередь с ферментами. Потеря биологической активности

ферментов может происходить в результате реакций окисления, хлорирования, замещения. Изменения в структуре ферментов ведут к нарушению обмена веществ в клетке микроорганизма и ее отмиранию [18].

Согласно современным представлениям, бактерицидное действие хлора обусловливается главным образом присутствием хлорноватистой кислоты HClO и ClO⁻ – ионов, которые непосредственно взаимодействуют с веществом бактериальной клетки. В результате в нем происходят необратимые изменения, обмен веществ в клетке нарушается, и бактерии гибнут [19].

Выбор оптимальных параметров бактерицидной обработки реагента осуществляли на основе методов математического моделирования [20].

Критериями оценки влияния параметров обработки экстрагента были выбраны: Y₁ – чистота диффузионного сока, %; Y₂ – содержание белков в диффузионном соке, мг/см³; Y₃ – чистота очищенного сока, %; Y₄ – цветность очищенного сока, ед. опт. плот.; Y₅ – содержание солей кальция в очищенном соке, % CaO; Y₆ – ЭКП преддефектованной суспензии.

Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями проведения процесса и результатами проведенных исследований.

Для получения уравнений регрессии экспериментальные данные были обработаны при помощи программного комплекса SGWIN. Уравнения регрессии в физических переменных после удаления незначимых коэффициентов имеют вид:

$$\begin{aligned}
Y_1 &= 85,38690 - 2,53658 \cdot X_1 + 0,46589 \cdot X_2 - \\
&0,00300 \cdot X_3 - 2,80438 \cdot X_1 \cdot X_1 - 0,12500 \cdot X_1 \cdot \\
&X_2 - 0,37500 \cdot X_1 \cdot X_3 + 1,15445 \cdot X_2 \cdot X_2 - \\
&0,90000 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,59521 \cdot X_3 \cdot X_3 \\
Y_2 &= 0,16387 + 0,00081 \cdot X_1 - 0,00062 \cdot X_2 - \\
&0,01421 \cdot X_3 + 0,00093 \cdot X_1 \cdot X_1 + 0,01125 \cdot X_1 \cdot \\
&X_2 + 0,01250 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,01675 \cdot X_2 \cdot X_2 + \\
&0,00375 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,00172 \cdot X_3 \cdot X_3 \\
Y_3 &= 90,1123 - 2,97351 \cdot X_1 + 0,71056 \cdot X_2 + \\
&0,966478 \cdot X_3 - 4,77141 \cdot X_1 \cdot X_1 - 0,0375 \cdot X_1 \cdot \\
&X_2 - 0,5875 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,211696 \cdot X_2 \cdot X_2 - \\
&0,4375 \cdot X_2 \cdot X_3 - 1,60789 \cdot X_3 \cdot X_3 \\
Y_4 &= 1283,15 + 708,501 \cdot X_1 + 45,1163 \cdot X_2 - \\
&88,2021 \cdot X_3 + 895,713 \cdot X_1 \cdot X_1 + 18,7125 \cdot X_1 \cdot \\
&X_2 - 22,8125 \cdot X_1 \cdot X_3 + 161,457 \cdot X_2 \cdot X_2 + \\
&134,163 \cdot X_2 \cdot X_3 + 171,133 \cdot X_3 \cdot X_3 \\
Y_5 &= 0,01927 + 0,00709 \cdot X_1 - 0,00139 \cdot X_2 + \\
&0,00052 \cdot X_3 + 0,01041 \cdot X_1 \cdot X_1 - 0,00138 \cdot X_1 \cdot \\
&X_2 + 0,00413 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,00122 \cdot X_2 \cdot X_2 + \\
&0,00163 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,00581 \cdot X_3 \cdot X_3 \\
Y_6 &= 0,29629 + 0,03098 \cdot X_1 + 0,01095 \cdot X_2 - \\
&0,00270 \cdot X_3 + 0,06085 \cdot X_1 \cdot X_1 + 0,00500 \cdot X_1 \cdot \\
&X_2 + 0,01750 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,02551 \cdot X_2 \cdot X_2 + 0,01750 \cdot \\
&X_2 \cdot X_3 - 0,01338 \cdot X_3 \cdot X_3
\end{aligned}$$

Анализ данных уравнений позволяет выделить факторы, оказывающие значимое влияние на рассматриваемый процесс.

Чистота диффузионного сока увеличивается при повышении температуры раствора реагента. Это объясняется тем, что происходит более быстрое нагревание стружки до активной температуры денатурации белков. Увеличение концентрации и количества раствора реагента отрицательно сказывается на процессе диффузии, что обусловлено интенсивным протеканием окислительных процессов в аппарате.

Повышение температуры и количества раствора ДХЦН снижает содержание белков в диффузионном соке.

Чистота очищенного сока увеличивается с повышением температуры и количества раствора реагента, а цветность его снижается.

Повышение концентрации ДХЦН практически во всех опытах приводит к снижению качественных показателей, в том числе увеличивает содержание солей кальция в соке.

Учитывая, что исследуемые факторы (температура раствора ДХЦН, его концентрация и количество) неоднозначно влияют на качественные показатели диффузионного и очищенного соков, проведен выбор оптимальных условий процесса. Задача оптимизации обработки экстрагента раствором ДХЦН заключалась в поиске условий, при которых чистота диффузионного и очищенного соков максимальна, а цветность,

ЭКП, содержание солей кальция и белков – минимальны. Для решения задачи оптимизации с большим количеством откликов использована обобщенная функция желательности D – критерий Харрингтона (таблица 4).

Таблица 4.
Частные и обобщенная функции
желательности

Table 4.

Particular and generalized desirability functions

№ no.	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	D
1	0,5632	0,4290	0,6184	0,7232	0,6620	0,5638	0,526
2	0,7178	0,6852	0,6639	0,7526	0,7651	0,5430	0,634
3	0,2130	0,6852	0,2051	0,2051	0,3401	0,4090	0,243
4	0,3919	0,5236	0,3164	0,2257	0,4628	0,3623	0,301
5	0,6597	0,8018	0,7207	0,7959	0,8259	0,6926	0,705
6	0,6944	0,8018	0,7541	0,7470	0,7841	0,5638	0,674
7	0,2660	0,6614	0,3125	0,3428	0,2051	0,4321	0,278
8	0,2872	0,5822	0,2971	0,2440	0,3401	0,2051	0,243
9	0,2051	0,2660	0,2051	0,3118	0,3577	0,4090	0,220
10	0,2618	0,4928	0,3358	0,2948	0,5613	0,4321	0,315
11	0,6614	0,6837	0,7531	0,8018	0,583	0,6037	0,625
12	0,6852	0,7472	0,7421	0,8018	0,586	0,6590	0,650
13	0,2660	0,5656	0,7415	0,6996	0,396	0,7903	0,475
14	0,5822	0,6371	0,7457	0,6209	0,491	0,8018	0,582
15	0,6852	0,7105	0,7680	0,7551	0,542	0,7781	0,652
16	0,2051	0,6184	0,7498	0,7551	0,418	0,6412	0,453
17	0,5236	0,7257	0,8001	0,8405	0,579	0,5430	0,603
18	0,5822	0,8018	0,8076	0,8540	0,570	0,7085	0,664

Обобщенная функция желательности определена по формуле:

$$D = \sqrt[6]{d_{i=1..6}}$$

и приведена в последней графе таблицы 4.

Анализируя полученные значения обобщенной функции желательности, можно сделать вывод об оптимальных условиях обработки экстрагента: температура раствора 65 °С, концентрация ДХЦН 0,05%, его количество 15%.

Заключение

Предлагаемый бактерицидный препарат на основе ДХЦН отличается умеренной токсичностью (3 класс опасности по ГОСТ 12.1.007–76) при непосредственном попадании в организм человека, рекомендован для обезвреживания питьевой воды, дезинфекции посуды, помещений, отходов.

Рекомендуемая концентрация является безопасной, и в составе готовой продукции ее следов не остается за счет разложения в условиях производства.

За счет невысокой стоимости и доступности данный реагент может быть включен в список дезинфицирующих препаратов для сахарного производства.

Данный препарат может быть использован также на стадиях хранения сахарной свеклы, обработки свекловичной стружки перед экстрагированием, дезинфекции оборудования.

Литература

- 1 Maui A.A., Aipeisova S.A., Utarbaeva N.A., Matsyura A.V. Effect of agrotechnical and chemical practices on Fusarium rot root in sugar beet production // Ukrainian Journal of Ecology Ukrainian Journal of Ecology. 2020. №. 10(5). P. 217–222. doi: 10.15421/2020_233
- 2 Maui A.A., Anuarova L.E., Aitzhanova M. The role of precursors in reducing the harmfulness of fusarium rot of sugar beet roots // Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің Хабаршысы. 2018. №. 1 (73). P. 6–12.
- 3 Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А., Ромашова В.Б. Эффективность переработки свеклы пониженного качества. // Вестник ВГУИТ. 2018 Т. 80. № 2. С. 206–210. doi:10.20914/2310–1202–2018–2–206–210.
- 4 Арапов Д.В., Коробова Л.А., Кульнева Н.Г. Предупреждение развития кагатной гнили на этапе послеуборочного хранения сахарной свеклы. // Сахар. 2023. № 7. С. 26–30. doi: 10.24412/2413–5518–2023–7–20–24
- 5 Гусятинская Н.А., Нечипор Т.М. Технологические аспекты переработки буриаков, зараженных слизистым бактериозом. // Цукор Украины. 2016. № 11–12 (131–132). С. 53–58.
- 6 Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. Формирование технологического качества и продуктивности сахарной свеклы в результате действия современных фунгицидов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 1. С. 38–49. doi: 10.36107/spfp.2021.184
- 7 Беляева Л.И., Пружин М.К., Остапенко А.В., Гурова В.Н. и др. Технологические приемы ингибирования бактериальной инфицированности процесса экстрагирования сахарозы при производстве сахара // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 2. С. 66–72.
- 8 Belyaeva L.I., Gurova V.N., Pruzhin M.K., Ostapenko A.V. et al. Effect of enzyme treatment on the viscosity of bacterially infected diffusion juice of sugar beet production // Food processing industry. 2021. P. 18–20. doi: 10.52653/ppi.2021.9.9.003
- 9 Беляева Л.И., Пружин М.К., Остапенко А.В., Сысоева Т.И. Состояние и перспективы совершенствования применения технологических вспомогательных средств в производстве белого свекловичного сахара. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 3. С. 43–58. doi: 10.36107/spfp.2023.469
- 10 Беляева Л.И., Пружин М.К., Остапенко А.В., Гурова В.Н. Улучшение технологических индикаторов полуфабрикатов производства сахара из бактериально инфицированной сахарной свеклы // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 458–469. doi: 10.21603/2074–9414–2021–3–458–469
- 11 Городецкий В.О., Семенихин С.О., Даишева Н.М., Котляревская Н.И. и др. Влияние способов приготовления экстрактов на микробиологическую загрязненность промежуточных продуктов станции получения сока сахарной свеклы // Ecology, Environment and Conservation. 2019. Т. 25. № 3. С. 1267–1271.
- 12 Dolgoplova N., Kaluzhskikh A., Kotelnikova M. State-of-the-Art Methods for Eradication of Pathogenic Microflora in Sugar Production // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 666. 052031. doi: 10.1088/1755–1315/666/5/052031
- 13 Zhuravlev M.V., Kulneva N.G., Agafonov G.V., Naumchenko I.S. et al. The rationale for the method of thermochemical processing of beet chips before extraction of sucrose // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2021. V. 640. №. 5. P. 052020. doi: 10.1088/1755–1315/640/5/052020/
- 14 Корнеева О.С., Яковлева С.Ф., Матвиенко Н.А., Фролова Л.Н. и др. Перспективные методы интенсификации процесса экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки. // Вестник ВГУИТ. 2023. № 85(1). С. 149–155. doi: 10.20914/2310–1202–2023–1–149–155/.
- 15 Vorobiev E., Lebovka N. Processing of sugar beets assisted by pulsed electric fields // Research in Agricultural Engineering. 2022. V. 68(2). P. 63–79. doi: 10.17221/91/2021-RAE
- 16 Yousef M., Zohri A., Darwish A., Shamseldin A. et al. Exploring the antibacterial potential of plant extracts and essential oils against *Bacillus thermophilus* in beet sugar for enhanced sucrose retention: a comparative assessment and implications // Front. Microbiol. 2023. V. 14. doi: 10.3389/fmicb.2023.1219823
- 17 Šereš Z. et al. 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. 2017. V. 75. P. 17–24.
- 18 Гусятинская Н., Нечипор Т. Исследование эффективности дезинфицирующего средства в отношении контаминирующей микрофлоры при производстве сахара // Эврика: науки о жизни. 2018. № 5. С. 15–21. doi: 10.21303/2504–5695.2018.00726.
- 19 Гусятинская Н., Нечипор Т. Ингибирование микробиологических процессов при экстракции сахарозы // Украинский пищевой журнал. 2017. № 6 (3). С. 504–513. doi: 10.24263/2304–974x-2017–6–3–10
- 20 Hosseini S.Z., Behrooz A.S. Simulation of mass transfer during sucrose extraction from sugar beet using a combined analytical and semi-empirical model // Chemical Engineering Communications. 2023. V. 210(11). P. 1873–1884. doi: 10.1080/00986445.2022.2150618

References

- 1 Maui A.A., Aipeisova S.A., Utarbaeva N.A., Matsyura A.V. Effect of agrotechnical and chemical practices on Fusarium rot root in sugar beet production. Ukrainian Journal of Ecology Ukrainian Journal of Ecology. 2020. no. 10(5). pp. 217–222. doi: 10.15421/2020_233
- 2 Maui A.A., Anuarova L.E., Aitzhanova M. The role of precursors in reducing the harmfulness of fusarium rot of sugar beet roots. Herald of the Kazakh State Girls' Pedagogical University. 2018. no. 1 (73). pp. 6–12.
- 3 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A., Romashova V.B. Efficiency of low quality beet processing. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 206–210. doi: 10.20914/2310–1202–2018–2–206–210 (in Russian).
- 4 Arapov D.V., Korobova L.A., Kulneva N.G. Prevention of the development of black rot at the stage of post-harvest storage of sugar beets. Sugar. 2023. no. 7. pp. 26–30. doi: 10.24412/2413–5518–2023–7–20–24 (in Russian).

- 5 Gusyatsinskaya N.A., Nechipor T.M. Technological aspects of processing beries infected with mucous bacteriosis. Tsukor of Ukraine. 2016. no.11–12(131–132). pp.53–58.
- 6 Putilina L.N., Lazutina N.A. Forming of Technological Quality and Productivity of Sugar Beet as a Result of Action of Modern Fungicides. Storage and Processing of Farm Products. 2021. no. 1. pp. 38–49. doi: 10.36107/spfp.2021.184 (in Russian).
- 7 Belyaeva L.I., Pruzhin M.K., Ostapenko A.V., Gurova V.N. et al. Technological methods for inhibiting bacterial infection of the sucrose extraction process in sugar production. Achievements of science and technology of agro-industrial complex. 2021. vol. 35. no. 2. pp. 66–72.
- 8 Belyaeva L.I., Gurova V.N., Pruzhin M.K., Ostapenko A.V. et al. Effect of enzyme treatment on the viscosity of bacterially infected diffusion juice of sugar beet production. Food processing industry. 2021. pp. 18–20. doi: 10.52653/ppi.2021.9.9.003
- 9 Belyaeva L.I., Pruzhin M.K., Ostapenko A.V., Sysoeva T.I. State and Prospects for Improving the Use of Technological Aids in the White Beet Sugar Production. Storage and Processing of Farm Products. 2023. no. 3. doi: 10.36107/spfp.2023.469. (in Russian).
- 10 Belyaeva L.I., Pruzhin M.K., Ostapenko A.V., Gurova V.N. Improvement of Technological Indicators of Semi-Finished Products of Sugar Production from Bacterially Infected Sugar Beet. Food Processing: Techniques and Technology. 2021. vol. 51(3). pp. 458–469. doi: 10.21603/2074–9414–2021–3–458–469 (in Russian).
- 11 Gorodetsky V.O., Semenikhin S.O., Daisheva N.M., Kotlyarevskaya N.I. et al. The influence of extract preparation methods on the microbiological contamination of intermediate products of the sugar beet juice production station. Ecology, Environment and Conservation. 2019. vol. 25. no. 3. pp. 1267–1271. (in Russian).
- 12 Dolgoplova N., Kaluzhskikh A., Kotelnikova M. State-of-the-Art Methods for Eradication of Pathogenic Microflora in Sugar Production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 666. pp. 052031. doi: 10.1088/1755–1315/666/5/052031
- 13 Zhuravlev M.V., Kulneva N.G., Agafonov G.V., Naumchenko I.S. et al. The rationale for the method of thermochemical processing of beet chips before extraction of sucrose. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 640. no. 5. pp. 052020. doi: 10.1088/1755–1315/640/5/052020
- 14 Korneeva O.S., Yakovleva S.F., Matvienko N.A., Frolova L.N. et al. Promising methods for intensifying the process of sucrose extraction from beet chips. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2023. vol. 85(1). pp. 149–155. doi: 10.20914/2310–1202–2023–1–149–155. (in Russian).
- 15 Vorobiev E., Lebovka N. Processing of sugar beets assisted by pulsed electric fields. Research in Agricultural Engineering. 2022. vol. 68 (2). pp. 63–79. doi: 10.17221/91/2021-RAE
- 16 Yousef M., Zohri A., Darwish A., Shamseldin A. et al. Exploring the antibacterial potential of plant extracts and essential oils against *Bacillus thermophilus* in beet sugar for enhanced sucrose retention: a comparative assessment and implications. Front. Microbiol. 2023. vol. 14. doi: 10.3389/fmicb.2023.1219823
- 17 Šereš Z. et al. 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. 2017. vol. 75. pp. 17–24.
- 18 Gusyatsinskaya N., Nechipor T. Investigation of disinfectant's effectiveness as to contaminating microflora in sugar production. Eureka: Life Sciences. 2018. vol. 5. pp. 15–21. doi: 10.21303/2504–5695.2018.00726
- 19 Gusyatsinskaya N., Nechipor T. Inhibition of microbiological processes during sucrose extraction. Ukrainian Food Journal. 2017. vol. 6(3). pp.504–513. doi: 10.24263/2304–974x-2017–6–3–10
- 20 Hosseini S.Z., Behrooz A.S. Simulation of mass transfer during sucrose extraction from sugar beet using a combined analytical and semi-empirical model. Chemical Engineering Communications. 2023. vol. 210(11). pp. 1873–1884. doi: 10.1080/00986445.2022.2150618

Сведения об авторах

Надежда Г. Кульнева д.т.н., профессор, кафедра броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ngkulneva@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>

Юлия И. Последова к.т.н., доцент, ведущий инженер, Отдел технологического проектирования, ООО «Вестерос», ул. Бахметьева, д. 2Б, г. Воронеж, 394006, Россия, julija979@rambler.ru
 <https://orcid.org/0009-0009-5939-4490>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda G. Kulneva Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation and sugar production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ngkulneva@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>

Yulia I. Posledova Can. Sci. (Engin.), associate professor, leading engineer, Department of technological design, LLC "Westeros", Bakhmeteva st., 2B, Voronezh, 394006, Russia, julija979@rambler.ru

 <https://orcid.org/0009-0009-5939-4490>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 17/07/2024	После редакции 08/08/2024	Принята в печать 26/08/2024
Received 17/07/2024	Accepted in revised 08/08/2024	Accepted 26/08/2024