

## САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, ПОРАЖЕННОЙ ТРАХЕОБАКТЕРИОЗОМ

Кульнева Н.Г., д-р техн. наук, Агафонов Г.В., д-р техн. наук

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»  
(Воронеж)*

Путилина Л.Н., канд. с.-х. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы имени А.Л. Мазлумова» РАН  
(Воронежская обл., ОПХ ВНИИСС)*

**Реферат.** Гигиенические и технико-экономические показатели работы сахарных заводов определяются качеством перерабатываемой свеклы. Нарушение агротехники возделывания и использование зарубежных гибридов в сочетании с неблагоприятными погодными условиями способствуют масштабному развитию болезней корневой системы – фузариозного загнивания и сосудистого бактериоза (трахеобактериоза). Установлено, что отечественные гибриды более устойчивы к бактериальному увяданию по сравнению с зарубежными: средние показатели по распространенности болезни составили для российских 11,7 %, для зарубежных гибридов – 21,6 %. Предложены бактерицидные препараты, снижающие интенсивность деструктивных микробиологических процессов при хранении и переработке корнеплодов, обоснованы параметры их применения. Устойчивый бактерицидный эффект достигается при использовании для обработки свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы раствора натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты.

**Ключевые слова:** гигиеническая безопасность, сахарная свекла, трахеобактериоз, бактерицидные препараты

**Summary.** Hygienic and technical and economic indicators of sugar factories are determined by the quality of processed beets. Violation of agricultural techniques and the use of foreign hybrids in combination with unfavorable weather conditions contribute to the large-scale development of diseases of the root system - fuzaryozny decay and vascular bacteriosis (tracheobakterioza). It is established that domestic hybrids are more resistant to bacterial wilting compared to foreign ones: the average prevalence rates for the Russian were 11.7 %, for foreign hybrids - 21.6 %. The bactericidal preparations that reduce the intensity of destructive microbiological processes during storage and processing of root crops are proposed, and the parameters of their application are justified. A stable bactericidal effect is achieved when using a solution of the sodium salt of dichloroisocyanuric acid for extraction of sugar beet prior to extraction of sucrose.

**Key Words:** hygienic safety, sugar beet, tracheobacteriosis, bactericidal preparations

**Введение.** Сахарная свекла является единственным видом сырья для производства сахара в Российской Федерации [1], поэтому качество свеклы, поступающей в переработку, определяет гигиенические и технико-экономические показатели работы предприятий сахарной промышленности [2].

Использование значительного количества минеральных удобрений при дефиците органических, а также масштабное использование гибридов зарубежной селекции приводит к развитию болезней корневой системы – фузариозного загнивания и сосудистого бактериоза (трахеобактериоза). Многолетние обследования свекловичных посевов в разных

районах ЦЧР выявили высокую вредоносность указанных болезней корнеплодов, потери урожая от которых в отдельные годы составляли до 50 % [3]. При этом вредоносность сосудистого бактериоза сахарной свеклы обусловлена не только большим процентом гибели растений культуры во время вегетации, но и скрытым характером ее развития при благоприятных погодных условиях, когда не наблюдается видимых признаков поражения. Поражённое бактериями свекловичное сырьё со слабо выраженными симптомами болезни попадает на переработку как здоровое, что может являться одной из главных причин снижения выхода сахара на свеклосахарных заводах [4]. В процессе хранения такие корнеплоды интенсивно поражаются аэробной микрофлорой и загнивают.

На поверхности корнеплодов, пораженных трахеобактериозом, содержится большое количество микроорганизмов, поражающих растение в процессе роста и хранения. Они вместе с пораженной свеклой поступают в производственную линию сахарного завода. Количественный и качественный состав микрофлоры зависит от качества перерабатываемого сырья, уровня очистки и стерилизации транспортерно-моечной и барометрической воды, применяемых для обработки свеклы и сокостружечной смеси при экстрагировании бактерицидных препаратов. Динамика мезофильных, термофильных и слизееобразующих бактерий и плесеней (на примере ООО «Хохольский сахарный комбинат») приведена в табл. 1 [5].

Таблица 1 – Состав микрофлоры на различных стадиях технологического процесса свеклосахарного производства

Продукты	Мезофильные, КОЕ в 1 г	Термофильные, КОЕ в 1 г	Слизеобразующие, КОЕ в 1 г	Плесени, КОЕ в 1 г
Свекловичная стружка	$5,52 \cdot 10^6$	$1,28 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$
Диффузионный сок	$3,76 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$
Преддефекованный сок	$8 \cdot 10^3$	$5,8 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$
Очищенный сок	$6 \cdot 10^2$	$2,04 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Сироп	$5,1 \cdot 10^3$	$2,88 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10$
1 оттек I кристаллизации	$5 \cdot 10^3$	$4,4 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Меласса	$9 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10$	$1 \cdot 10^2$
Белый сахар	$1,44 \cdot 10^3$	$1,25 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10$	$1 \cdot 10$

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что в ходе технологического процесса обсемененность полупродуктов снижается, что обусловлено жесткими технологическими параметрами: высокие значения pH и температуры, повышение концентрации сахарозы. Однако, значительное количество микроорганизмов, особенно термофильных, сохраняется в готовой продукции – белом сахаре и отходе производства – мелассе.

В свете вышеизложенного, представляет научный и практический интерес определение технологического качества свекловичного сырья, в разной степени поражённого сосудистым бактериозом, его дальнейшее использование в свеклосахарном производстве, а также разработка мероприятий, повышающих сохранность такого сырья.

**Объекты и методы исследований.** Научные исследования проводились на базе лаборатории хранения и переработки сырья ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» и кафедры технологии бродильных и сахаристых производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ» с использованием поляриметрического, кондуктометрического, фотоколориметрического, потенциометрического и общепринятых методов оценки свёклы [6-7].

Объектом исследования являлись корнеплоды сахарной свеклы гибрида отечественной селекции РО-117.

**Обсуждение результатов.** В результате мониторинга посевов сахарной свёклы в 2011-2016 гг. в свеклосеющих хозяйствах ЦЧР выявлено, что сырьё, поступающее на сахарные заводы, может на 20 % и более быть инфицированным возбудителями трахеобактериоза. Установлено, что отечественные гибриды более устойчивы к бактериальному увяданию по сравнению с иностранными. Средние показатели по распространенности болезни для российских гибридов составили 11,7 %, для зарубежных – 21,6 %.

Разработанная сотрудниками ВНИИСС пятибалльная шкала пораженности сахарной свеклы сосудистым бактериозом позволяет визуально определить степень развития болезни [3].

Свеклосахарные предприятия приемку сахарной свеклы проводят в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52647-2006, согласно которому кондиционное сырьё должно содержать не более 5 % увядших корнеплодов, в противном случае его относят к некондиционному. В состав 5 % могут входить корнеплоды с 4-5 балльным поражением сосудистым бактериозом, по физическому состоянию которых можно визуально легко определить данную болезнь. Но среди остальной массы могут встречаться корнеплоды не только здоровые, но и поражённые на 1-3 балла. Сосудистый бактериоз при визуальном осмотре таких корнеплодов определить трудно. Однако в результате многолетних исследований определено ухудшение технологического качества свеклосырья, в котором присутствуют корнеплоды с частичной потерей тургора, обусловленной развитием сосудистого бактериоза в начальной стадии [1]. Поэтому для исследования были сформированы образцы корнеплодов гибрида сахарной свёклы отечественной селекции РО-117 по схеме, включающей разные варианты состава свекловичного сырья с разной степенью поражения сосудистым бактериозом, которое может поступать на свеклоприёмные пункты свеклосахарных заводов: I – здоровые корнеплоды; II – 50 % корнеплодов, поражённых сосудистым бактериозом на 1-3 балла; III – 5 % корнеплодов, поражённых сосудистым бактериозом на 4-5 балла и 35 % – на 1-3 балла; V – 20 % корнеплодов, поражённых сосудистым бактериозом на 4-5 балла.

В результате технологической оценки анализируемых образцов выявлено изменение технологического качества сырья и продуктов его переработки от соотношения в массе корнеплодов с разной степенью бактериального поражения (табл. 2).

Таблица 2 – Технологическое качество сахарной свеклы в зависимости от соотношения корнеплодов с разной степенью бактериального поражения

Исследуемые параметры	Варианты			
	I	II	III	IV
Сахаристость, %	16,77	16,00	15,80	14,50
Содержание $\alpha$ -аминного азота, ммоль/100 г свёклы	2,22	2,93	3,88	6,23
Массовая доля редуцирующих веществ, %	0,093	0,125	0,186	0,312
Массовая доля углекислой золы, %	0,654	0,638	0,610	0,665
Сухие вещества в свёкле, %	25,88	26,52	26,97	28,21
Чистота клеточного сока, %	85,70	85,00	83,90	80,90
Чистота очищенного клеточного сока, %	91,30	89,40	87,50	85,40
Прогнозируемый выход сахара, %	13,59	12,35	11,50	9,64
Коэффициент извлечения сахара из свёклы, %	81,0	77,2	72,9	66,5
Прогнозируемые потери сахара в мелассе, %	2,18	2,65	3,30	3,86

Определено, что по мере повышения в свекломассе количества больных корнеплодов и степени их поражения снижается сахаристость на 0,8-2,3 абс. %; повышается содержание редуцирующих веществ в 1,3-3,4 раз и  $\alpha$ -аминного азота в 1,3-2,8 раза; ухудша-

ется чистота клеточного и очищенного соков на 0,7-4,8 и 1,9-5,9 абс. % соответственно; уменьшается прогнозируемый выход сахара на 1,2-3,9 абс. % и коэффициент его извлечения – на 3,8-14,5 абс. %; увеличиваются потери сахара в мелассе на 0,5-1,7 абс. %.

О реакции свеклосырья на поражение болезнями можно судить по интенсивности их дыхания, с которым связано выделение тепла корнеплодами [8]. Результаты по определению интенсивности дыхания корнеплодов с различной степенью поражения сосудистым бактериозом представлены на рис. 1 и 2.

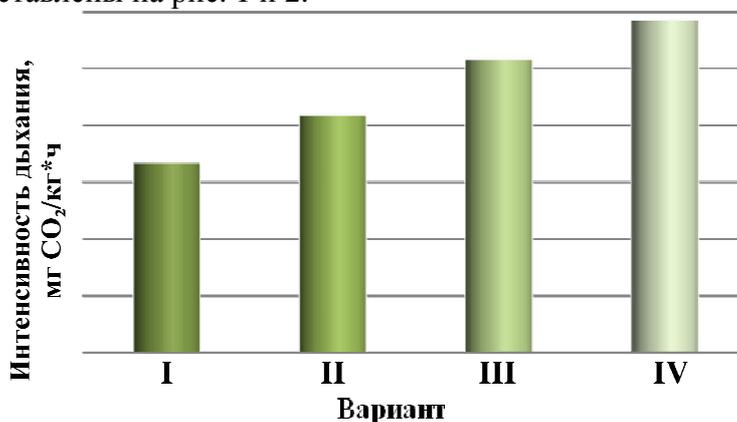


Рис. 1. Интенсивность дыхания сахарной свёклы в зависимости от соотношения в свекломассе корнеплодов с разной степенью поражения сосудистым бактериозом

После уборки корнеплоды сахарной свеклы лишены притока пластических веществ из надземных органов, элементов минерального питания и воды из почвы. Взаимосвязь с окружающей средой сводится к поглощению кислорода и выделению диоксида углерода. Главную роль в этом процессе играет дыхание, и связанные с ним биохимические процессы, происходящие в корнеплодах [9]. Исследования показали, что если интенсивность дыхания здоровых корнеплодов (вариант I) составила 16,80 мг CO<sub>2</sub>/кг·ч, то в остальных вариантах наблюдалось увеличение данного показателя и находилась на уровне 20,94-29,28 мг CO<sub>2</sub>/кг·ч. Наибольшая интенсивность дыхания была у корнеплодов варианта IV (29,28 мг CO<sub>2</sub>/кг·ч) (рис. 1).

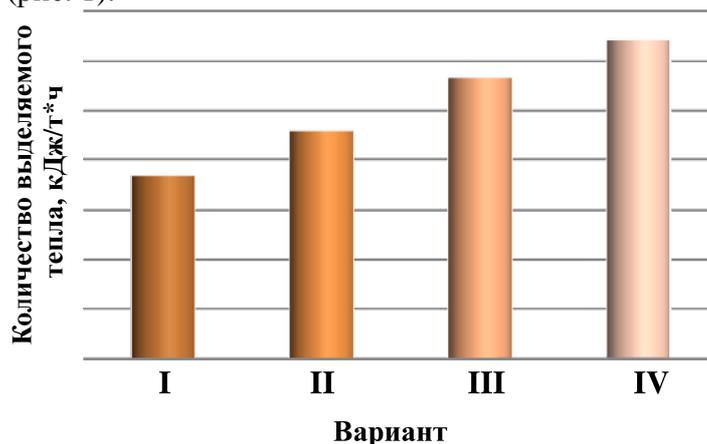


Рис. 2. Количество выделяемого тепла сахарной свёклой в зависимости от соотношения в свекломассе корнеплодов с разной степенью поражения сосудистым бактериозом

Выделение тепла корнеплодами в данных вариантах находилось на уровне 230,3 (II), 283,9 (III), 322,1 (IV) кДж/ т·ч соответственно, тогда как у здоровых корнеплодов данный показатель составил 184,8 кДж/ т·ч (рис. 2). С изменением интенсивности дыхания корнеплодов согласуется изменение таких показателей, как содержание сухих веществ и саха-

розы. В вариантах II-IV наблюдалось повышение интенсивности дыхания, а вместе с этим повышение содержания сухих веществ (СВ) и снижение содержания сахарозы.

Проведены исследования по подбору бактерицидного препарата с рациональной концентрацией и расходом, обеспечивающего минимальное изменение массы и качества сахарной свеклы, частично пораженной сосудистым бактериозом, в процессе хранения. В качестве бактерицидных препаратов использовали растворы бензойной кислоты, Бетасепт и Ардон. При проведении эксперимента закладывали на хранение 4 партии свеклы, обработанной разными препаратами и без обработки (типовой). Оценка качества проводили при закладке свёклы на хранение, затем через каждые 7 дней хранения. Визуально наблюдали изменение состояния свёклы – развитие микрофлоры у корнеплодов, не прошедших бактерицидную обработку, происходило значительно интенсивнее. Анализ проводили по содержанию белковых веществ, массовой доле редуцирующих веществ и  $\alpha$ -аминному азоту (рис. 3-5).

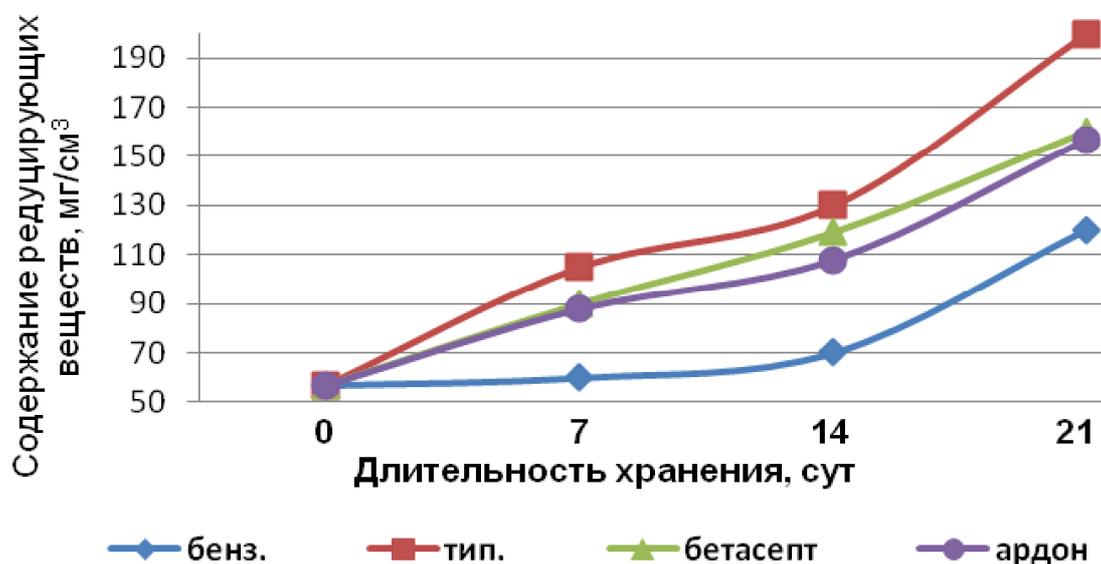


Рис. 3. Содержание редуцирующих веществ в сахарной свекле, обработанной дезинфицирующими препаратами перед закладкой на хранение

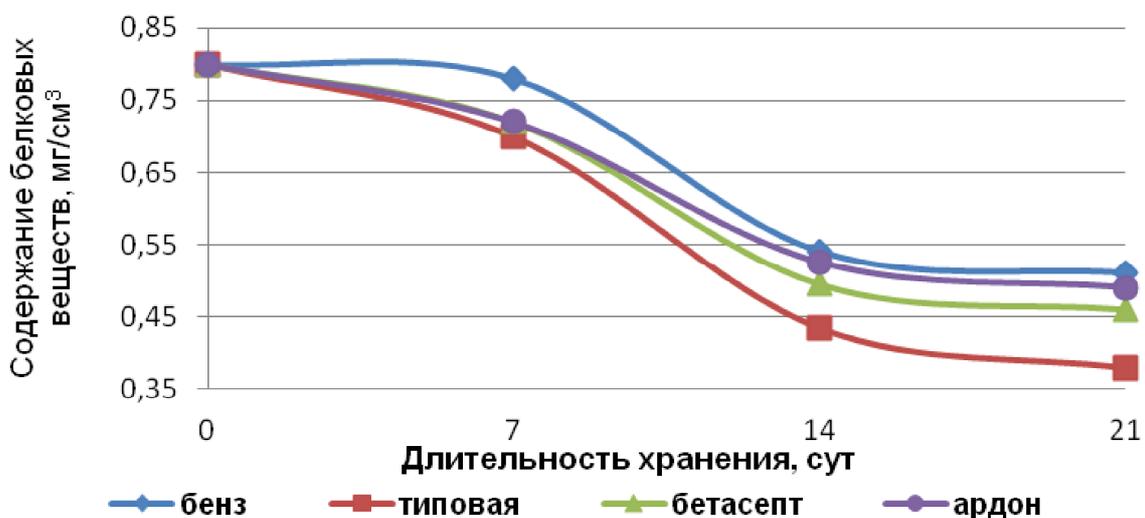


Рис. 4. Динамика белковых веществ в сахарной свекле после обработки дезинфицирующими препаратами

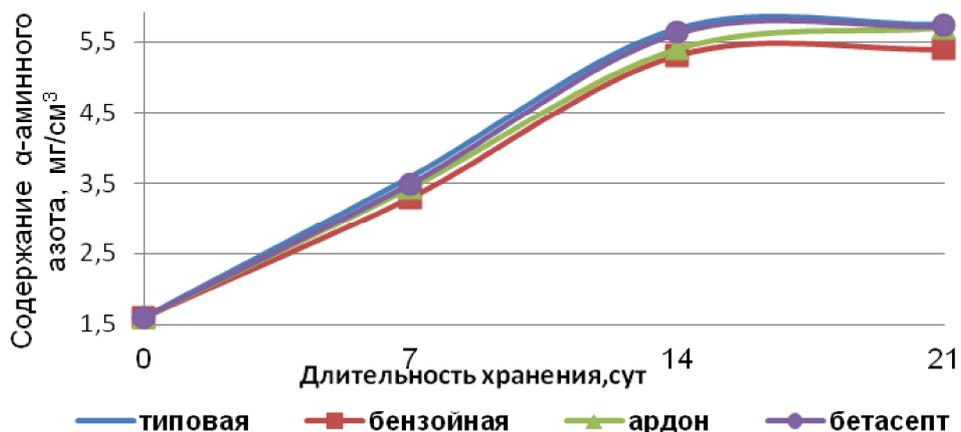


Рис. 5. Содержание  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле, обработанной дезинфицирующими препаратами перед хранением

По результатам лабораторных исследований установлено, что при хранении свеклы наблюдается увеличение количества редуцирующих веществ на 63 %,  $\alpha$ -аминного азота на 71,5 %. Снижается количество белков на 41 %, что обусловлено высокой активностью протеолитических ферментов микробного происхождения, содержащихся в свекле. Использование бензойной кислоты для бактерицидной обработки сахарной свеклы перед хранением обеспечивает более высокую степень подавления микрофлоры и сохранения технологических достоинств сырья.

Проведены исследования по выбору рациональных концентрации и расхода раствора бензойной кислоты для бактерицидной обработки сахарной свеклы перед закладкой на хранение. Результаты эксперимента показали, что выше показатели свеклы после хранения при обработке раствором бензойной кислоты с концентрацией 0,1 % к массе свеклы с расходом 2 %.

Для уточнения взаимодействия факторов, влияющих на эффективность бактерицидной обработки сахарной свеклы, использовали математические методы планирования эксперимента. Критериями оценки влияния исследуемых факторов на показатели хранения свеклы были выбраны:  $Y_1$  – содержание белковых соединений,  $\text{мг}/\text{см}^3$ ;  $Y_2$  – содержание редуцирующих веществ,  $\text{мг}/\text{см}^3$ ;  $Y_3$  – содержание  $\alpha$ -аминного азота,  $\text{мг}/\text{см}^3$ .

Для оценки степени влияния входных параметров  $X_i$  на выходные  $Y_i$  приведена графическая интерпретация уравнений регрессии (рис. 6).

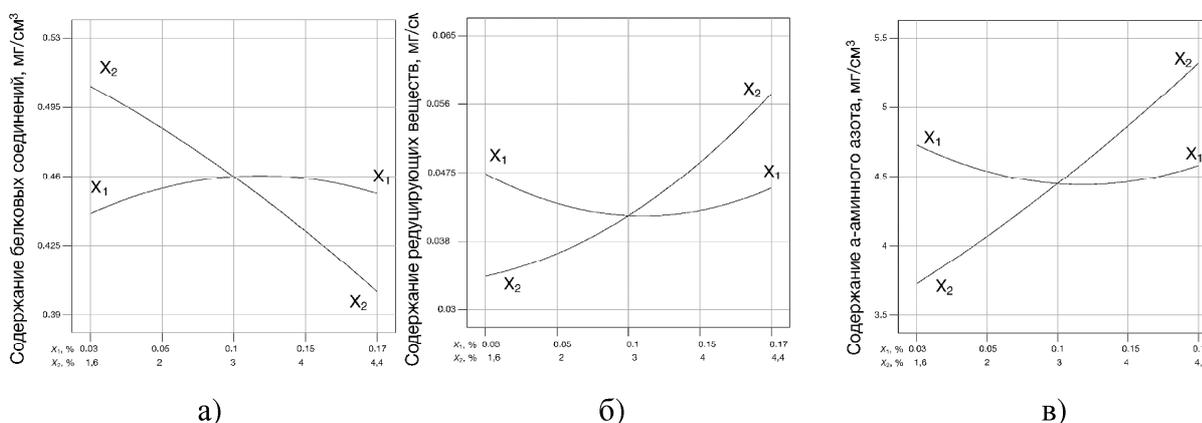


Рис. 6. Графическая интерпретация влияния концентрации раствора бензойной кислоты  $X_1$  и его расхода  $X_2$  на выходные параметры: а - содержание белковых веществ,  $\text{мг}/\text{см}^3$ ; б - содержание редуцирующих веществ,  $\text{мг}/\text{см}^3$ ; в – содержание  $\alpha$ -аминного азота,  $\text{мг}/\text{см}^3$ .

Таким образом, оптимальными параметрами бактерицидной обработки сахарной свеклы раствором бензойной кислоты перед закладкой на хранение являются концентрация раствора 0,1 % и его расход 3,0 % к массе свеклы. Обработка корнеплодов раствором бензойной кислоты с такими параметрами позволяет снизить величину потерь сахарозы во время хранения на 0,3 %, образование редуцирующих веществ на 12,0 %, разложение белковых веществ на 22,6 %, сократить образование азотистых соединений на 6,4 % по сравнению с корнеплодами, заложенными на хранение без обработки.

Для подавления микрофлоры, поступающей вместе со свеклой в диффузионный аппарат, предлагается использовать натриевую соль дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН). Механизм действия бактерицидного препарата направлен на ферментный комплекс микробной клетки. Снижение активности ферментов является следствием реакций окисления, хлорирования, замещения, что вызывает изменения структуры ферментов и отмирание. Снижение уровня микробной активности в диффузионном аппарате препятствует разложению сахарозы, накоплению редуцирующих и низкомолекулярных азотистых веществ в диффузионном соке, повышает его чистоту.

Эффективность бактерицидного действия ДХЦН исследовали путем обработки свекловичной стружки раствором реагента. Свекловичную стружку получали на специальном устройстве, обрабатывали в течение 30 с при температуре 70 °С раствором ДХЦН концентрацией 0,075 %, затем направляли на экстрагирование сахарозы. Получали диффузионный сок, который подвергали физико-химической очистке по схеме, принятой в свеклосахарном производстве. В качестве контроля использовали полупродукты, полученные без обработки ДХЦН (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание различных групп микроорганизмов в полупродуктах сахарного производства

Исследуемый продукт	Без обработки реагентом		С обработкой реагентом	
	КМАФАнМ, КОЕ в 1 г	Плесневые грибы, КОЕ в 1 г	КМАФАнМ, КОЕ в 1 г	Плесневые грибы, КОЕ в 1 г
Свекловичная стружка	$1,52 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^4$	$1,04 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^2$
Диффузионный сок	$2,88 \cdot 10^4$	Не обнаружено	$2,24 \cdot 10^3$	Не обнаружено
Преддефекованный сок	$1,2 \cdot 10^4$	Не обнаружено	$9,4 \cdot 10^2$	Не обнаружено
Сок I сатурации	$3,0 \cdot 10^3$	Не обнаружено	$4,0 \cdot 10^2$	Не обнаружено

Высокая бактерицидная активность ДХЦН обусловлена образованием в водных растворах хлорноватистой кислоты, которая может разлагаться с образованием активного кислорода или хлора, являющихся сильными окислителями. Под их действием происходит глубокий распад веществ бактериальной клетки и ее гибель.

Полученные результаты подтверждают бактерицидные свойства препарата, его широкий спектр действия и возможность использования в условиях свеклосахарного производства [10].

**Выводы.** На основании выявленной зависимости изменения технологического качества сахарной свёклы и продуктов её переработки от соотношения в свекломассе корнеплодов с разной степенью бактериального поражения предлагается проводить следующие мероприятия по использованию свекловичного сырья на сахарных заводах.

Для получения данных о состоянии свекловичного сырья и прогнозирования производственно-технических показателей свеклосахарных заводов необходимо до уборки проводить фитосанитарный мониторинг посевов сахарной свеклы.

Свекловичное сырьё, содержащее до 50 % корнеплодов, поражённых сосудистым бактериозом на 1-3 балла, можно отнести к кондиционному и переработать с удовлетво-

рительными производственно-техническими показателями. Сырьё, в состав которого входит не более 5 % корнеплодов, поражённых на 4-5 балла и до 35 % – на 1-3 балла, также можно направлять в переработку, но с низкими производственно-техническими показателями.

Поражённые сосудистым бактериозом корнеплоды могут вызвать осложнения при хранении, о чём свидетельствуют повышение интенсивности дыхания с 16,80 до 29,28 мг СО<sub>2</sub> с увеличением степени развития сосудистого бактериоза. Уже через сутки после уборки у корнеплодов без внешних признаков поражения сосудистым бактериозом (соответствующих 1-3 баллам) возможно почернение хвостовой части вследствие быстрого размножения бактерий.

Перед закладкой на хранение свеклу целесообразно опрыскивать раствором бензойной кислоты концентрацией 0,1 % при его расходе 3,0 % к массе свеклы.

Обработка свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты обеспечивает устойчивый бактерицидный эффект и хорошие качественные показатели полупродуктов.

### Литература

1. Мослемзаде, Э.А. Изменение содержания химических компонентов в сахарной свёкле при ее хранении до переработки / Э.А. Мослемзаде // Сахар. – 2010. – № 10. – С.50-51.
2. Кульнева, Н.Г., Санитарно-гигиеническое обеспечение продукции сахарного производства / Н.Г. Кульнева, В.А. Голыбин, В.А. Федорук // Гигиена и санитария. – 2015. – 94(9). – С.57-61.
3. Путилина, Л.Н. Технологическая оценка сахарной свеклы, инфицированной возбудителями сосудистого бактериоза в период вегетации / Л.Н. Путилина, Н.Г. Кульнева, Г.А. Селиванова, О.А. Землянухина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 3. – С. 239-247.
4. Апасов, И.В. Изменение технологических качеств корнеплодов сахарной свеклы, поражённых сосудистым бактериозом / И.В. Апасов, Л.Н. Путилина, Г.А. Селиванова // Сахар. – 2014. – № 9. – С. 35-38.
5. Оценка микробиологической обсемененности полупродуктов свеклосахарного производства / Н.Г. Кульнева [и др.] // Сахар. – 2016. – № 5. – С.41 - 43.
6. Чернявская, Л.И. Технохимический контроль сахара-песка и сахара-рафинада / Л.И. Чернявская, А.П. Пустоход, Н.С. Иволга. – М.: Колос, 1995. – 382 с.
7. Лосева, В.А. Методы исследования свойств сырья и готовой продукции (теория и практика) / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, И.В. Квитко // Воронеж. гос. тех-нол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2008. – 247 с.
8. Свиридов, А.В. Факторы, влияющие на микроклимат в кагатах сахарной свёклы / А.В. Свиридов, Е.И. Дорошкевич, В.В. Просвиряков // Защита и карантин растений. – 2013. – № 11. – С. 17-20.
9. Капустников, Ю.А. Разработка способов повышения сохранности массы и качества корнеплодов сахарной свеклы в условиях ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю.А. Капустников. – Рамонь, 2003. – 22 с.
10. Шматова, А.И. Обеспечение безопасности сахарного производства путем подавления микрофлоры при извлечении сахарозы из свеклы: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.И. Шматова. – Воронеж, 2016. – 20 с.