

Системное применение технологических вспомогательных средств разной функциональной направленности при производстве сахара^S

Л.И. БЕЛЯЕВА, канд. техн. наук (e-mail: belyaeva_li@mail.ru)

А.В. ОСТАПЕНКО

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

Введение

Учитывая разнообразный арсенал применяемых в производстве сахара технологических вспомогательных средств (ТВС) различных функциональных групп, значительные материальные технологические потоки, дороговизну самих средств, на сегодня весьма актуален системный подход к их использованию (рис. 1). Этот подход позволит более рационально при-

менять ТВС и таким образом снизить ресурсозатраты. Для системного применения средств необходимо знание широкого спектра вопросов: как изменяется пищевая система в ходе технологического потока, насколько эффективно в ней проявляются функциональные свойства средств, как они взаимодействуют между собой, каковы последствия их использования и др.

Материалы и методы исследований

Нами было изучено совместное применение ТВС трёх функциональных групп – ферментные препараты, антимикробные средства, пеногасители – в процессе экстрагирования сахарозы из инфицированной слизистым бактериозом сахарной свёклы. Современные представления о микробиологической опасности



Рис. 1. Совместное системное применение ТВС отдельных функциональных групп

^S Выбор спонсора научных публикаций осуществляется по усмотрению редакции, любая взаимосвязь между видами деятельности спонсора и результатами научной работы исключается

несколько отличаются от традиционных постулатов [5, 3]. Бактерии в окружающей среде существуют в двух формах: планктонной, в которой одиночные клетки свободно движутся в жидкой среде, и биоплёночной, когда они находятся в виде конгломерата, структурированы и прикреплены к поверхности (рис. 2). Большинство (95 %) бактериальных популяций существует в виде биологических плёнок. Жизненный цикл биоплёнки состоит из пяти фаз: адгезия (прикрепление свободных микроорганизмов к поверхности), колонизация (формирова-

ние микроколоний), созревание, рост (сливание микроколоний, образование зрелой биоплёнки), дисперсия (выброс бактерий, способных образовывать новую колонию). Основу биоплёнки составляет экзополимерный матрикс, он занимает 85 % от общей массы биоплёнки и состоит на 95 % из экзополимеров (полисахаридов), остальное – белки, жиры и др. Биоплёнки могут быть сформированы не только бактериями одного вида, но и включать в себя другие микроорганизмы. По сути биоплёнка представляет собой микробное сообщество, заключен-

ное в матрикс синтезированных им внеклеточных полимерных веществ. Именно матрикс защищает бактерии в плёнке от воздействий высокой температуры, кислой и щелочной сред, антимикробных средств. Так, устойчивость микроорганизмов биоплёнки к антимикробным средствам в 100–1000 раз выше, чем в планктонной форме. На сегодня проблема биоплёнкообразования имеет место быть на всех пищевых предприятиях, и ей уделяется пристальное внимание.

Присутствующие в свеклосахарном производстве слизиобразующие бактерии рода *Leuconostoc*

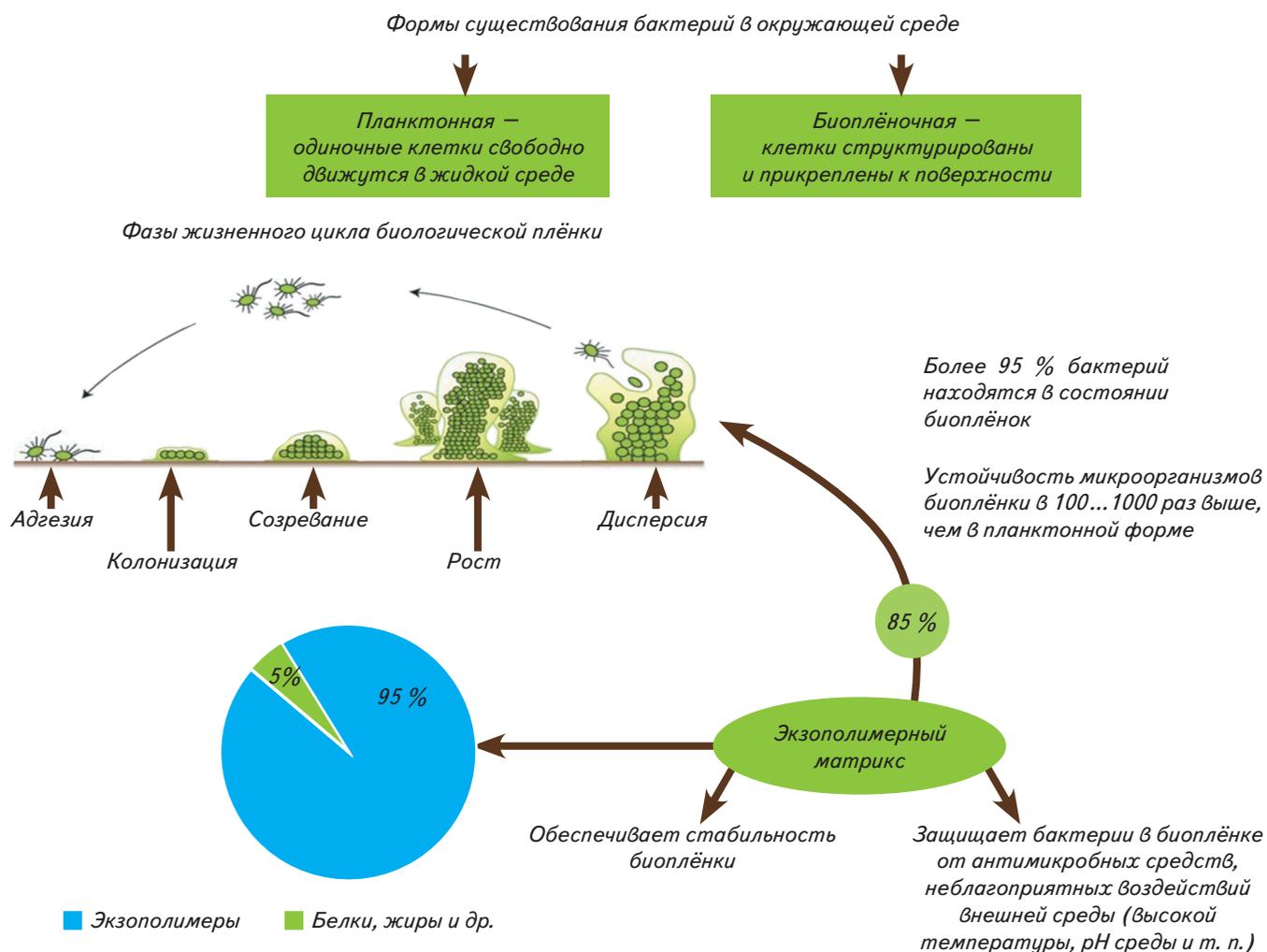


Рис. 2. Биоплёнкообразование в пищевых производствах

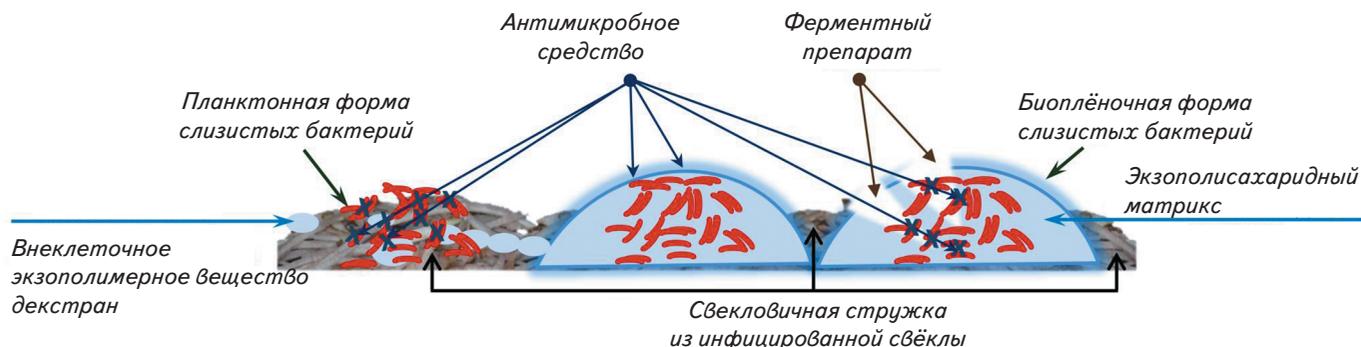


Рис. 3. Механизм разрушения биоплёнок в производстве сахара

являются типичными биоплёнокообразователями. Клеточный сок, который образуется на поверхности свекловичной стружки из инфицированных слизистым бактериозом корнеплодов, служит хорошим субстратом для развития этих бактерий и накопления экзополимера декстрана – структурной основы матрикса биоплёнки. Кроме того, наличие в технологической линии на начальных этапах благоприятных внешних условий (невысокая температура, влажность, лёгкая доступность к питательным веществам, наличие поверхности раздела фаз – твёрдой, жидкой и газовой) способствуют биоплёнокообразованию. В этом случае используемые высокоэф-

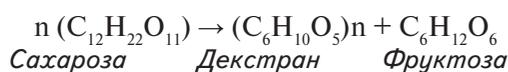
фективные антимикробные средства в увеличенных дозах не дают желаемого результата, поскольку микроорганизмы в биоплёнке защищены от их воздействия матриксом (рис. 3). Полимерное вещество декстран, являясь диффузионным барьером для молекул антимикробных средств, не позволяет проникать им внутрь биоплёнки. Наиболее эффективно решают эту проблему ферментные препараты класса декстраназ. Они, разрывая гликозидную связь декстрана, растворяют полисахаридную (слизевую) часть матрикса и таким образом разрушают биоплёнку, т. е. ферментный препарат предоставляет антимикробному средству свободный доступ внутрь биоплёнки к микрофлоре для выполнения его непосредственной

функции – уничтожения микроорганизмов.

Отмеченное явление подтверждено результатами наших исследований, проведённых путём моделирования технологических процессов от получения свекловичной стружки до сиропа. В качестве ферментного препарата использовали «Декстрасепт 2», антимикробного средства – «Бетасепт», пеногасителя – «Волтес ФСС 93». Схема эксперимента предусматривала 13 вариантов в зависимости от введённых доз препаратов согласно технологической документации по их применению. Объектом исследования служили предназначенные для переработки на сахарных заводах Курской области корнеплоды сахарной свёклы (рис. 4а, 4б),



Рис. 4а. Здоровый корнеплод



Бактерии *Leuconostoc mesenteroides* – типичные биоплёнокообразователи



Рис. 4б. Корнеплод, пораженный *Leuconostoc*

имеющие вторую степень инфицированности слизистым бактериозом (наличие до 6 шт. слизистых включений), определяемую по методике [4]. Исходили из того, что комплексное использование средств более результативно при первых признаках появления заболевания, поскольку срочное принятие мер позволит быстро ингибировать бактериальное заражение, устранив его негативные последствия по всему технологическому потоку.

Схема эксперимента по моделированию производственных про-

цессов в лабораторных условиях приведена на рис. 5.

Результаты исследований

Достоверно получен наилучший совокупный технологический эффект, качественное протекание процессов получения и очистки диффузионного сока при вводе ферментного препарата «Декстрасепт 2» в дозе 6–8 кг/1000 т свёклы, антимикробного средства «Бетасепт» – 1,5–2,0 кг/1000 т свёклы и пеногасителя «Волтес ФСС» – 15–20 кг/1000 т свёклы. Совместное их применение в мак-

симальных и средних дозах в сравнении с минимальными дозами позволило улучшить следующие показатели: снижение содержания молочной кислоты в среднем на 32 % и содержания ВМС на 26 %, повышение эффекта очистки на диффузии в 2,9 раза, увеличение чистоты соков и сиропа на 1,1 абс. %, возрастание скорости осаждения осадка в 3–4 раза, снижение мутности соков и сиропа до пороговых значений. Микрофотографии диффузионных соков демонстрировали отсутствие в них слизистых включений

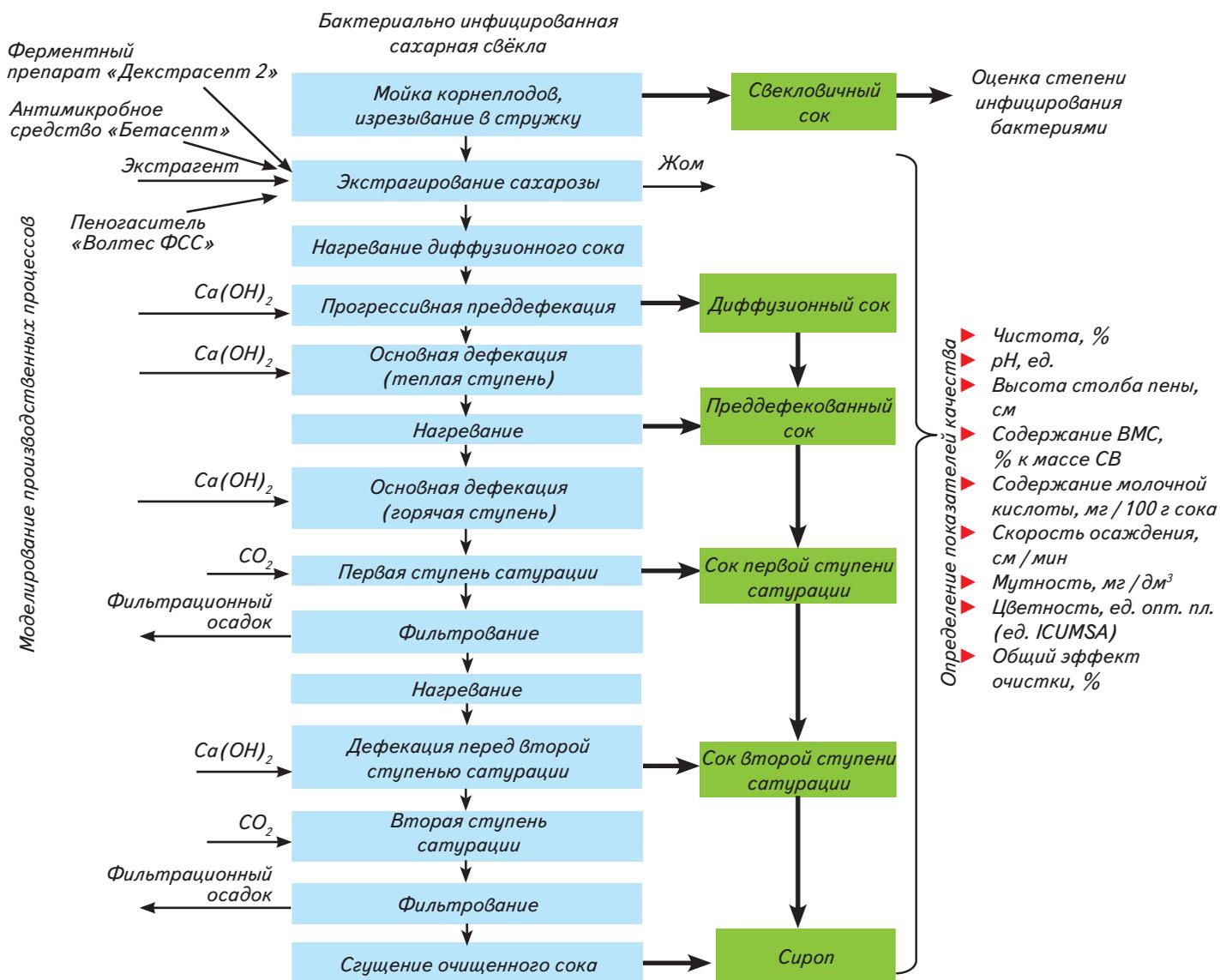


Рис. 5. Схема проведения научных экспериментов в лабораторных условиях

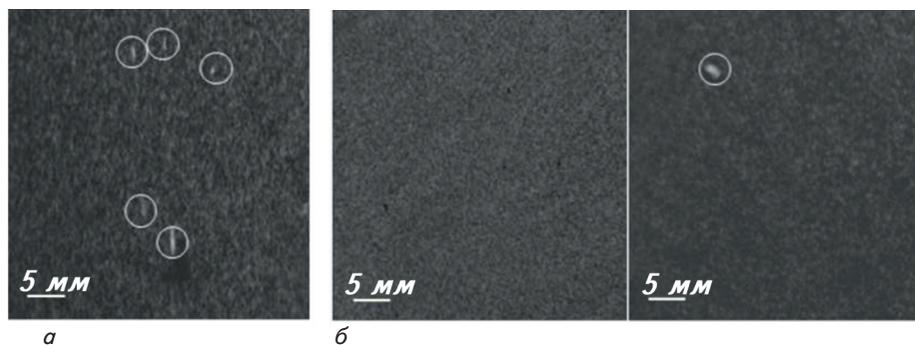


Рис. 6. Микрофотографии слизистых включений в образцах клеточного и диффузионного соков бактериально инфицированной сахарной свёклы: а – клеточный сок, вторая степень инфицирования слизистым бактериозом; б – диффузионный сок, первая степень инфицирования слизистым бактериозом

(рис. 6). Как результат отмечено увеличение расчётного выхода белого сахара в среднем на 0,25 %. Наибольшую долю в изменение показателей вносил ферментный препарат – от 40 до 71 %, далее антимикробное средство – от 19

до 49 %, а вклад пеногасителя был наименьшим – от 1,6 до 6,5 % [2].

На основе исследований предложены оптимальные условия их совместного введения (определённая последовательность, адресность, дозы и точки ввода), позволяющие

ингибировать бактериальную инфицированность диффузионного сока при рациональном применении средств (рис. 7).

Ранее были проведены исследования по использованию бисульфита (гидросульфита) натрия и сульфита натрия при уваривании утфеля 1 кристаллизации, которые по сути являются деколорантами сахара [1]. Технологическая функция сульфитсодержащих препаратов заключается в ингибировании процесса образования красящих веществ, переводе части красящих веществ в бесцветную форму и в конечном счёте – приданию белизны кристаллам сахара. Такой технологический эффект возникает благодаря образованию свободных сульфит-ионов при введении препаратов в сахарные растворы, которые блокируют карбонильные

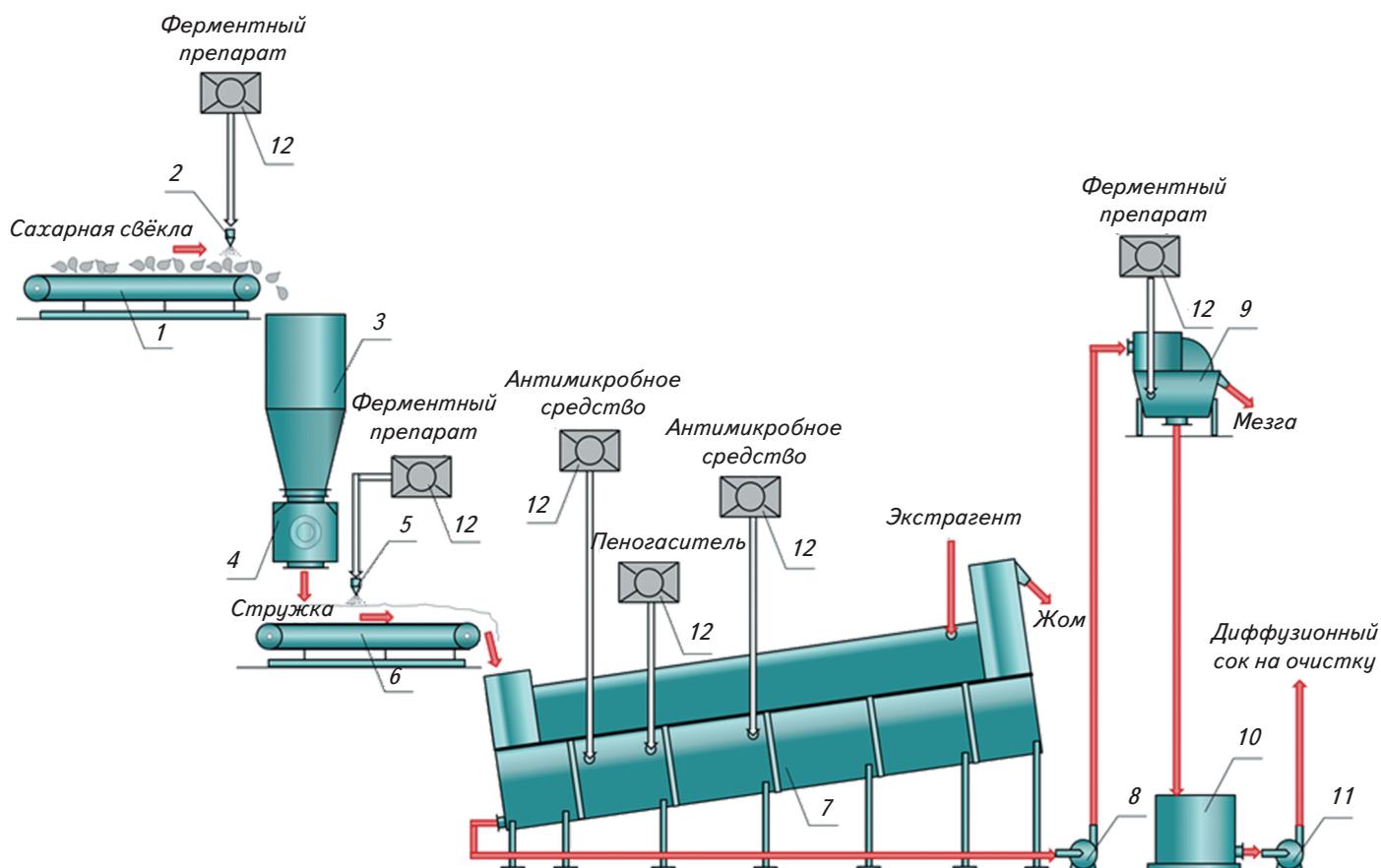


Рис. 7. Технологическая схема ввода антимикробного средства, гликозидного ферментного препарата и пеногасителя в процесс экстрагирования сахарозы: 1, 6 – конвейер ленточный; 2, 5 – форсунка; 3 – сборник корнеплодов сахарной свёклы; 4 – свеклорезка; 7 – аппарат диффузионный; 8, 11 – насос; 9 – мезголовушка; 10 – сборник диффузионного сока; 12 – узел приготовления и дозирования препарата

группы редуцирующих веществ, а с рядом красящих веществ образуют бесцветные соединения. Эти препараты не удаляют красящие вещества, они изменяют их химическую структуру, превращая в бесцветные соединения, которые остаются в межкристалльном растворе. Данные вещества включены в перечень разрешённых согласно ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»; содержание остаточных количеств действующего вещества, выраженного через диоксид серы в сахаре, регламентируется.

Также известно применение в 60–80 гг. XX в. гидросульфита натрия для придания белизны сахару-рафинаду в процессе уваривания утфелей сахарорафинадного производства. Его вводили в вакуум-аппараты в количестве 0,005–0,010 % к массе утфеля в два приёма: в пересыщенный раствор перед заводкой кристаллов и в конце уваривания утфеля. Сульфит натрия вводили при уваривании утфе-

лей свеклосахарного производства в несколько приёмов: сразу после набора вакуум-аппарата сахарным раствором; в последующем – через равные промежутки времени в разных дозах для утфелей разных ступеней кристаллизации от 0,025 до 0,07 % к массе утфеля.

Поскольку на сегодня качество увариваемого сиропа изменилось (отмечается более низкое содержание редуцирующих веществ в 4–5 раз и азотистых веществ в 1,5–2 раза), нами скорректированы для современного состава продуктов дозы сульфитсодержащих препаратов: для гидросульфита натрия увеличены до 0,010–0,015 %, для сульфита натрия уменьшены до 0,020–0,025 % к массе утфеля (рис. 8). При использовании этих средств стабилизировалось рН утфеля на уровне 7,7–8,0; имело место снижение вязкости, солей кальция; эффект обесцвечивания утфеля составил в среднем 15 %. Уровень содержания диоксида серы в сахаре повысился (в 4–5 раз), но он ниже допустимого значения

(15 г/кг сахара). В настоящее время на рынке ТВС представлены многокомплексные препараты, которые улучшают белый цвет сахара, понижают вязкость, пенение. Однако имеются данные, что при хранении такого белого сахара в нём наблюдается повышенное нарастание цветности.

Рациональность применения любого средства во многом зависит от обоснованного, правильного его выбора. Возможны случаи, когда предлагаемые ТВС имеют одинаковое название, но разную цену, которая обусловлена, как правило, содержанием в препарате действующего вещества. Примером может служить широко применяемый химический реагент тринатрийфосфат, являющийся непосредственным участником технологических процессов очистки диффузионного сока. Тринатрийфосфат производится двух видов: по ГОСТ 201-76 «Тринатрийфосфат. Технические условия» (более дорогое средство) и в соответствии с ТУ 2148-001-62187397-2007 «Тринатрийфосфат. Технические условия» (дешёвое).

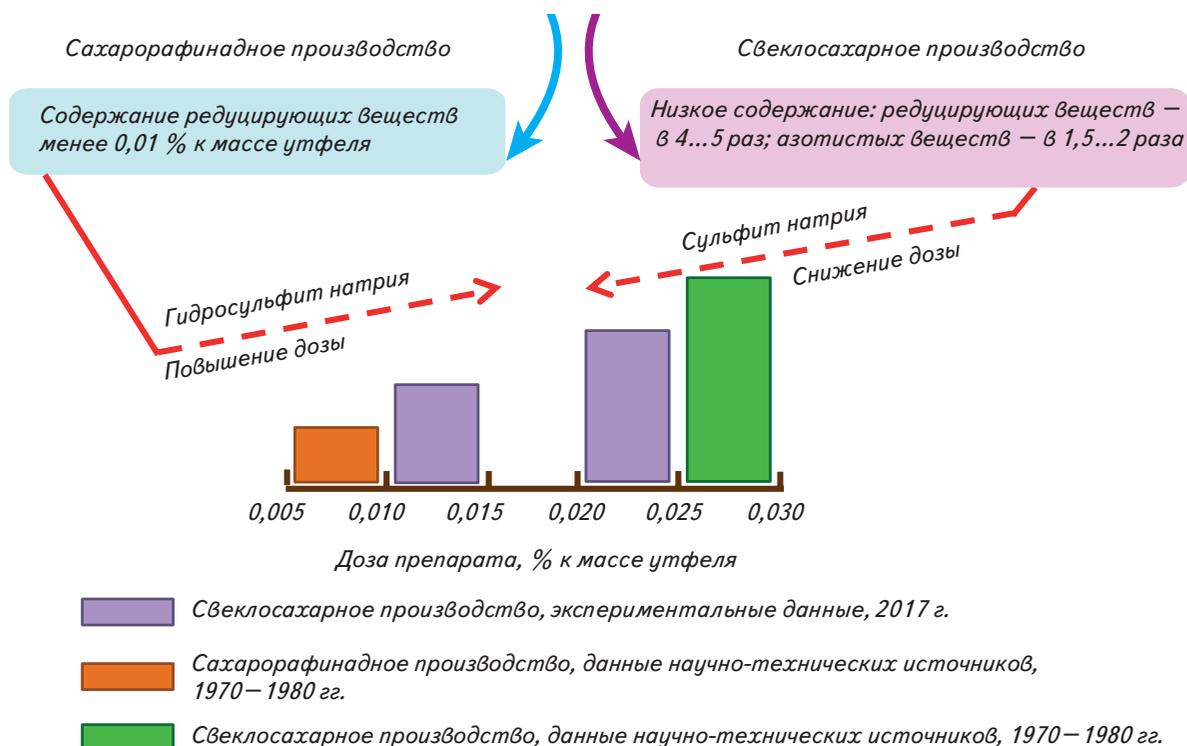


Рис. 8. Применение сульфитсодержащих препаратов в производстве сахара

Мы знаем о сахаре всё!

А вы?



Согласно ГОСТ 201-76 содержание действующего вещества (P_2O_5) составляет не менее 18,3 %, а по ТУ 2148-001-62187397-2007 – не менее 10,3 %. Применение данного реагента по ТУ влечёт за собой повышенный его расход и приводит к поступлению в технологический поток излишнего количества натрия, являющегося мелассообразователем, тем самым вызывая увеличение содержания сахара в меласе, снижение его выхода.

Заключение

Таким образом, рассмотрены современные аспекты системного применения в производстве сахара ТВС отдельных функциональных групп: ферментные препараты, антимикробные средства, пеногасители, сульфитсодержащие препараты, химические реагенты. Приведены результаты научных исследований применения конкретных препаратов, направленные на рациональное их использование.

Список литературы

1. Декolorанты сахара – новая функциональная группа технологических вспомогательных средств / Л.И. Беляева, А.В. Остапенко, В.Н. Лабузова, Т.И. Сысоева // Известия высших учебных заведений. – 2018. – № 4(364). – С. 33–36.
2. Беляева, Л.И. Технологические приёмы ингибирования бактериальной инфицированности процесса экстрагирования сахарозы при производстве сахара / Л.И. Беляева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 2. – С. 25–32.

3. Брандштеттер, О. Негативное влияние бактерий и микробных биоплёнок в сахарной промышленности / О. Брандштеттер [и др.] // Сахар. – 2020. – № 4. – С. 22–26.

4. «Бетасепт» и «Декстрасепт»: на всех фронтах борьбы с бактериальной инфекцией / В.А. Сотников, А.В. Сотников, В. Уайлд, У. Мойш // Сахар. – 2017. – № 4. – С. 16–20.

5. Тутельян, А.В. Образование биологических плёнок микроорганизмов на пищевых производствах / А.В. Тутельян [и др.] // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88. – № 3. – С. 32–43.

Аннотация. Показаны современные аспекты системного применения в производстве сахара технологических вспомогательных средств (ТВС) отдельных функциональных групп: ферментные препараты, антимикробные средства, пеногасители, сульфитсодержащие препараты, химические реагенты. Приведены результаты исследований применения конкретных препаратов, направленные на рациональное их использование.

Ключевые слова: производство сахара, технологическое вспомогательное средство (ТВС), системное применение, бактериально инфицированная сахарная свёкла, биоплёнка, ферментный препарат.

Summary. The modern aspects of the systemic use of technological aids of individual functional groups in the production of sugar are shown: enzyme preparations, antimicrobial agents, defoamers, sulfite-containing preparations, chemical reagents. The results of studies of the use of specific drugs aimed at their rational use are presented.

Keywords: sugar production, technological auxiliary means, bacterially infected sugar beet, biofilm, enzyme preparation, joint use.