

# Эффективность переработки сахарной свёклы в зависимости от её технологических качеств и особенностей ведения процесса

## Часть 1

**В.Н. КУХАР, А.П. ЧЕРНЯВСКИЙ**

ООО «ФИРМА «ТМА»

**Л.И. ЧЕРНЯВСКАЯ, Ю.А. МОКАНЮК**

ИПР НААН Украины

### Введение

Выход сахара из свёклы — главный фактор, обуславливающий эффективность сахарного производства. На выход готовой продукции существенно влияют содержание сахара в мелассе, зависящее в основном от химического состава перерабатываемой свёклы, и потери сахарозы от приёмки сырья до получения готовой продукции [16, 19, 22].

В настоящее время во многих свеклосеющих странах мира наблюдается ухудшение качества свекловичного сырья. Несмотря на наличие парка высокопроизводительной ботво- и корнеуборочной техники и высокоэффективных погрузчиков, на свеклоприёмные пункты сахарных заводов поступает свекловичное сырьё со значительным количеством корнеплодов, повреждённых рабочими органами уборочных машин, а также с повышенным содержанием ботвы, земли и растительных остатков, сорняков, вследствие чего снижается способность свёклы к длительному хранению, ухудшаются показатели при переработке, увеличиваются потери сахарозы [4, 5, 7, 8, 10, 13, 14, 18, 19].

По литературным источникам [21], во Франции при валовом сборе 33 млн т потери при хранении составляют 100 тыс. т, или 0,3 %

(в денежном выражении — 100 млн франков, или 175 франков на 1 га). Так, среднесуточные потери сахара в период хранения в Англии составляют 160 г/т, Ирландии — 200, Франции — 400, Германии — 450, США — более 450 г/т. По нашим экспериментальным данным, на сахарных заводах Украины среднесуточные потери сахара при краткосрочном хранении сырья современных кондиций составляют 0,062 %, средних сроков хранения — 0,022 % и длительного хранения — 0,018 % к массе свёклы.

Для определения структуры потерь сахарозы от приёмки свёклы до получения готовой продукции наиболее достоверным методом является проведение уточнённого контроля и учёта производства в условиях реального завода. Это очень трудоёмкие и специфические научные работы, осуществляемые на специально выбранном перерабатывающем предприятии отрасли с хорошо отлаженным технологическим процессом, которое оснащено современным эффективным оборудованием. Такие исследования проводят при коррекции набора сортов и гибридов, изменении качества свёклы, условий её уборки, способов и сроков хранения, комплекта оборудования в технологической схеме, длительности производственных сезонов и др. При этом необходимо боль-

шое количество научных сотрудников для тщательного контроля правильного и объективного учёта производства, в частности массы свёклы, её сахаристости, анализа и контроля продуктов по верстату, учёта количества и качества готовой продукции, продуктов незавершённого производства, полупродуктов и отходов производства.

Эти работы являются основанием для пересмотра нормативов на всех участках технологического процесса: при хранении свёклы в полевых условиях и на призаводских свеклопунктах в зависимости от длительности хранения (краткосрочное, средних сроков и длительное), видов уборки (поточный и поточно-перевалочный способы); при гидротранспортировке и сухой подаче на переработку; для отдельных видов машин (мойки барабанного типа, кулачковой, ролико-форсуночной); в случае осуществления процесса экстракции диффузионным или диффузионно-прессовым методом, с глубоким прессованием жома и возвратом в процесс жомопрессовой воды или без прессования жома, при переработке свёклы различного качества. Учитывают процесс дефекосатурационной очистки и разделение сока и суспензии — на отстойниках различных конструкций или быстродействующих фильтрах-сгустителях.

Важным показателем эффективности сахарного производства является содержание сахара в мелассе, которое зависит от качества свёклы, удаления несахаров и набора оборудования для повышения эффекта кристаллизации, в частности центрифуг с высоким фактором разделения и вертикальных кристаллизаторов последней степени кристаллизации.

Последним уточнённым контролем и учётом производства была научная работа, выполненная по решению Главсахара СССР в 1984–1988 гг. ВНИИСПом на Бабино-Томаховском сахарном заводе. Она выполнялась в течение

трёх производственных сезонов. Кроме сотрудников ВНИИСП в ней принимали участие специалисты групповых лабораторий Украинской ССР и РСФСР. Промежуточные результаты рассматривались на Всесоюзных совещаниях сахарников в Москве и Киеве. (Предыдущие такие исследования проводились в 1960–70 гг. на свёкле, убираемой с доочисткой в поле, с применением ручного труда. Тогда использовались в основном отечественные многосемянные сорта свёклы.)

Необходимость такой работы в конце 1980-х гг. была вызвана тем, что свеклосеющие хозяйства

перешли на полностью механизированные способы выращивания и уборки сахарной свёклы. Это обусловило изменение физического состояния корнеплодов (высокий уровень механических повреждений), а также присутствие большого количества примесей (ботвы, сорняков, корневищ, черешков и проч.), связанной и свободной земли [7, 8].

Подобное состояние сырья приводило к ухудшению сохраняемости корнеплодов, самовозгоранию свёклы и, как следствие, к снижению её качества при поступлении на переработку.

**Баланс сахарозы от приёмки свёклы до получения готовой продукции**

Баланс сахарозы по заводу одного из сезонов, составленный на основании уточнённого контроля и учёта производства от приёмки сырья до получения готовой продукции [17, 19], выполненного на Бабино-Томаховском сахарном заводе, представлен в табл. 1.

Заводом было принято для переработки 181 932 т свёклы. Средняя сахаристость – 16,49 %, переработано 176 587 т, содержание сахарозы в стружке – 16,01 % к массе переработанной свёклы.

Сырьё, поступающее на свеклоприёмный пункт завода, характеризовалось следующими показателями: сахаристость составляла 16,44–16,60 %, количество механически повреждённых корнеплодов – 39,6–64,9 %, в том числе сильно – 17,0–21,5 %, увядших – 0,11–0,14 %, зелёной массы – 0,12–1,57 %, дуплистых – 64,0–74,3 %; загрязнённость – 7,6–9,7 %. Приёмка была организована таким образом, что в среднем 16 % свёклы, поступающей с поля (с колебаниями в отдельные годы от 10 до 27 %), направлялось непосредственно в переработку, остаток свёклы предназначался для хранения. В кагатах краткосрочного

Таблица 1. Баланс сахарозы за сезон

№ п/п	Показатель	Количество сахарозы			
		тонн	% к массе свёклы, оставшейся к переработке	% к массе переработанной свёклы	% к массе сахарозы, принятой со свёклой
1	Принято сахарозы со свёклой, оставшейся к переработке	29 944	16,49	16,99	100
2	Потеряно сахарозы при хранении и внутризаводском транспортировании свёклы, всего	1 673	0,92	0,95	5,59
	В том числе				
	а) при хранении свёклы в кагатах	650	0,36	0,37	2,17
	б) от образования оптически активных веществ, разлагаемых под действием извести	141	0,08	0,08	0,47
	в) от образования декстрана	71	0,04	0,04	0,24
	г) в транспортёрно-моечной воде	335	0,18	0,19	1,12
	Итого а+б+в+г	1 197	0,66	0,68	4,00
	д) от недостачи свёклы при хранении в бурчаной и потери сахарозы от разложения (неучтённые) (д = всего – (а+б+в+г))	476	0,26	0,27	1,59
3	Введено сахарозы в завод	28 271	15,54	16,01	94,41
4	Получено сахарозы в сахаре и в полупродуктах	21 926	12,05	12,42	73,23
5	Получено сахарозы в мелассе	4 471	2,46	2,53	14,93
6	Потеряно сахарозы при переработке свёклы	1 874	1,03	1,06	6,26
	В том числе				
	а) в жоме	565	0,31	0,32	1,89
	б) в фильтрационном осадке	159	0,09	0,09	0,53
	в) от разложения (неучтённые)	1 150	0,63	0,65	3,84
7	Общие потери сахарозы при хранении свёклы, внутризаводском транспортировании и переработке	3547	1,95	2,01	11,85

хранения (до 10 суток) находилось от 21 до 42 %, средних сроков хранения (11–30 суток) – от 18 до 39 %, длительного хранения (больше 30 суток) было 40 % сырья [12, 19].

В связи с большим объёмом материала авторами принято решение поделить его на две части: в первой части будут рассмотрены потери сахарозы при гидроподаче её на переработку и при переработке, во второй – потери сахарозы при хранении.

### **Источники потерь массы и сахарозы на тракте подачи свёклы в завод**

В результате механизации процессов выращивания, обработки и уборки сахарной свёклы значительно возросло количество битых и травмированных корнеплодов, увеличилась загрязнённость свёклы, что, в свою очередь, привело к увеличению загрязнённости транспортёрно-мочных вод механическими примесями, органическими веществами и микроорганизмами.

По отчётным данным сахарных заводов, общая загрязнённость корнеплодов при приёмке составляет 12–14 %, а при повышенной влажности почвы – 30–40 %. Серийные очистители свеклоукладочных машин отделяют только 12–25 % от исходного количества примесей, в основном свободную землю. Остальное количество загрязнений (около 75 %) поступает сначала в кагат, а потом вместе со свёклой на завод. С точки зрения технологии процесса переработки свёклы и получения сахара очень важно отделить все примеси на тракте подачи и в мойке [7–9].

По данным фитопатологических обследований перерабатываемого сырья, в отобранных пробах определили количество механически повреждённых корнеплодов – 98–100 %, из них сильно – до 35–40 %.

Общее количество боя составляло в среднем 5–6 % к массе свёклы. Бой и куски свекломассы при классификации распределяются на товарную свекломассу, возвращаемую в производство, и отходы, направляемые на корм скоту.

Как говорилось выше, свёкла, которая попадает в бурочную или гидротранспортёр перед подачей на переработку, характеризуется большим количеством механических повреждений, полученных при механизированной уборке, погрузке, укладке в кагаты, погрузке и разгрузке с автомашин и вагонов и т. д. При гидротранспортировании и мойке корнеплодов с его повреждённых поверхностей и разбитых частей сахароза переходит в воду.

На этом участке потери массы и сахарозы обусловлены в основном:

- потерями массы и сахарозы при краткосрочном хранении свёклы в бурочных;

- потерями массы и сахарозы в отходах механизмов, установленных на тракте подачи;

- потерями боя, хвостиков и сахарозы, которая вымывается из них в транспортёрно-мочную воду.

Общее количество боя, возвращаемого в производство, составляло в среднем 1,5–3,5 % к массе переработанной свёклы. Сахаристость массы боя была около 12 %. Количество боя размером меньше 1 см, попадающего в жом, составляло в среднем 0,22–0,5 % к массе переработанной свёклы, содержание сахарозы в нём – 3,5–5 %. Также определяли потери массы свёклы, уходящей с водой на поля фильтрации. Установлено, что в среднем в 10 л транспортёрно-мочной воды содержится 20 г свекловичного боя. Содержание сахарозы в нём составляло 1,54 % к его массе.

Таким образом, свекловичный бой и хвостики, направляемые на

корм животным и на поля фильтрации, содержат сахарозы значительно меньше, чем отдельные части непосредственно корнеплода. Следовательно, остаток сахарозы переходит в транспортёрно-мочную воду при нахождении в ней свёклы, обломков корнеплодов и более мелкого боя.

Транспортёрно-мочная вода сахарного производства является источником значительных потерь сахарозы, величина которых зависит от ряда факторов: температуры и рН воды, продолжительности пребывания корнеплодов в воде, степени их повреждения. Кроме того, загрязнённая транспортёрно-мочная вода – один из главных источников поступления микроорганизмов на производство и, вследствие их размножения и процессов метаболизма, – значительных неучтённых потерь сахарозы при её экстрагировании в диффузионных установках: 0,15–0,67 % к массе свёклы. Транспортёрно-мочная вода в результате многократной циркуляции, особенно при отсутствии подщелачивания, находится в состоянии частичного брожения, вызываемого микроорганизмами в присутствии сахара [9].

По мнению финских учёных [24], потери сахарозы в транспортёрно-мочной воде в значительной степени зависят от погодных условий и степени повреждения свёклы. На финских сахарных заводах они колеблются от 0,12 до 0,4 % к массе свёклы. Были также проведены исследования по расшифровке учтённых и неучтённых потерь на всех этапах производства сахара из свёклы, согласно которым учтённые и неучтённые потери сахарозы в транспортёрно-мочной воде составляют 29,1 % от общих её потерь, а неучтённые потери сахарозы в этой воде – 37,1 % от общих неучтённых её потерь [24].

По данным немецких исследователей, потери сахарозы при по-

даче свёклы гидротранспортёром в суммарном выражении колеблется от 0,02 до 0,5 % к массе свёклы для нормальной свёклы и до 1 % для свёклы мороженой. Ими было доказано, что на степень вымывания сахара влияют следующие факторы: погодные условия, степень зрелости корнеплодов, способ подачи их на завод, высота падения при загрузке бурачных, степень повреждения и длительность хранения [23].

Согласно исследованиям Уленброка, при транспортировке неповреждённых корнеплодов потери сахарозы в транспортёрно-моечной воде составляют 0,08 % к массе свёклы, корнеплодов с повреждённой поверхностью — 0,12 % к массе свёклы, битых — 0,25 % к массе свёклы. При увеличении высоты падения корнеплодов от 1 до 6 м потери сахарозы увеличиваются в 10 раз, при этом свежая свёкла повреждается больше, чем хранившаяся. Потери сахарозы в транспортёрно-моечной воде при транспортировке хранившейся свёклы меньше приблизительно в два раза, чем при транспортировке свежей [23].

По данным французских исследователей [1], переход сахара из свежеповреждённой свёклы в транспортёрно-моечную воду происходит со скоростью 500 г/т · мин (около 0,3 % от общей массы сахара ежеминутно). Это повреждения, образовавшиеся при погрузке, разгрузке, транспортировке и приёмке сахарной свёклы на заводе. Особенно сильные повреждения наносят свеклонасосы.

По данным этих же исследователей, потери сахара в барабанной мойке составляют 0,2 % к массе свёклы, расход воды 0,5 л/кг. Для среднего западно-европейского завода, перерабатывающего 2 млн т свёклы за сезон, 0,1 % потерь сахара означает 600 тыс. евро за производственный сезон при допуске-мом доходе 300 евро/т. При оста-

точной загрязнённости свёклы 0,1 % в экстракционное отделение поступает 2 тыс. т нерастворимых примесей [1].

По нашим данным, остаточная загрязнённость свёклы, поступающей в завод, в российских условиях составляет не менее 0,13–0,17 % к массе свёклы. При переработке среднестатистическим заводом от 700 тыс. до 1 млн т свёклы несахаристые примеси за сезон составят 1050–1500 т, которые снижают сахаристость стружки, увеличивают расход известкового молока на их выведение из верстата завода, удлиняют процесс производства, ухудшают показатели фильтрационных и кристаллизационных отделений, снижают выход и качество готового продукта. Вымытая из корнеплодов свёклы сахароза разлагается с образованием различных продуктов, в том числе кислот.

Транспортёрно-моечная вода в значительной мере обсеменена микроорганизмами, количество которых зависит от ряда факторов: способа очистки воды, температуры окружающей среды и погодных условий, степени исходной инфицированности свёклы, содержания сахарозы и органических веществ в воде, режима работы очистных сооружений и проч. [2, 3, 11, 15].

По исследованиям в разных странах и в разные годы, ориентировочное содержание микроорганизмов в 1 см<sup>3</sup> транспортёрно-моечной воды сильно варьирует, что может быть связано со способами уборки, переработки и подачи сырья, очистки транспортёрно-моечной воды и другими факторами. В 2001 г. были получены такие величины микробиологической обсеменённости 1 см<sup>3</sup> транспортёрно-моечной воды: термофилы —  $1,56 \cdot 10^4$ – $1,3 \cdot 10^5$  (колонийобразующих единиц) КОЕ, мезофилы —  $1,82 \cdot 10^3$ – $1,1 \cdot 10^4$  КОЕ, плесневые грибы —  $2 \cdot 10^3$ – $1 \cdot 10^4$

КОЕ. Согласно данным Вайды, вода, которая поступает на мойку, содержит  $1 \cdot 10^8$ – $1 \cdot 10^9$  КОЕ мезофильных и  $1 \cdot 10^4$ – $1 \cdot 10^5$  КОЕ термофильных микроорганизмов. По данным других учёных, в 1 см<sup>3</sup> транспортёрно-моечной воды может содержаться от  $4 \cdot 10^8$  до нескольких миллиардов спор микроорганизмов [2, 11].

Свёкла, обсеменённая микроорганизмами, поступает на производство, и поэтому повышенное внимание стоит уделять тщательному отмыванию её от земли, растительных примесей, ополаскиванию чистой водой после мойки и тщательной дезинфекции поверхности корнеплодов после ополаскивания. Если не заниматься этой проблемой в должной мере, сахарный завод будет иметь существенные неучтённые потери сахарозы. Поскольку на поверхности корнеплодов находится значительное количество микроорганизмов, то в бункерах перед свеклорезками при недостаточном обеззараживании их число интенсивно возрастает на стенках бункера и поверхности свёклы. Если в бункер попадает даже продезинфицированная свёкла, происходит вторичное её заражение микроорганизмами. При изрезывании свекловичной стружки микроорганизмы с поверхности свёклы переходят на поверхность стружки и, попадая в диффузионный аппарат, в благоприятных условиях начинают размножаться, вызывая разложение сахарозы и образование кислот. Продукты распада сахарозы (органические кислоты и редуцирующие вещества), а также продукты метаболизма некоторых микроорганизмов, которые образуют полисахариды декстран и леван, затрудняют течение дальнейших технологических процессов и увеличивают содержание сахара в мелассе.

В транспортёрно-моечной воде свеклосахарного производства со-

держатся следующие микроорганизмы:

– *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus* – образуют споры, которые сохраняются в полупродуктах на протяжении всего технологического процесса и могут встречаться даже в сахаре-песке. *Bacillus subtilis* образует из сахарозы полисахарид леван, который затрудняет фильтрование соков;

– бактерии рода *Leuconostoc* – очень опасный вредитель сахарного производства, который вместе с транспортёрно-мочной водой попадает на свёклу и далее в сахарных растворах образует слизистую капсулу, состоящую из декстрана. При этом сок становится вязким, малоподвижным, значительно ухудшается фильтрация соков вплоть до её прекращения;

– молочнокислые бактерии рода *Lactobacterium* – разлагают сахарозу, которая содержится в растворе, до молочной кислоты с выделением газов. Газы являются одной из причин пенообразования сока, а образовавшиеся кислоты снижают рН продукта;

– дрожжевые грибы рода *Saccharomyces* – вызывают спиртовое брожение с выделением спирта и газа, которое приводит к потерям сахара и скоплению углекислого газа;

– термофильные бактерии *Bacillus stearothermophilus* – опасны тем, что выдерживают высокие температуры (до 120 °С). Биохимически они весьма активны, вызывают существенные изменения в среде обитания за короткий промежуток времени и образуют до 90 % молочной кислоты от количества сбраживаемого сахара;

– маслянокислые бактерии рода *Clostridium* [2, 3, 11] и др.

Транспортёрно-мочная вода при высокой степени загрязнённости может быть опасным очагом инфицирования свёклы, а следовательно, и свекловичной стружки. Потери сахарозы в транспор-

тёрно-мочной воде обусловлены тем, что процесс перехода сахарозы из клеток свёклы начинается уже в лотке гидротранспортёра и протекает тем интенсивнее, чем больше количество механически повреждённых корнеплодов. Вымытая из корнеплодов сахароза разлагается с образованием различных продуктов, в том числе кислот. Нами были исследованы изменения микробальной загрязнённости транспортёрно-мочной воды и определены потери сахарозы вследствие её разложения в течение всего производственного сезона.

При микробиологическом исследовании транспортёрно-мочной воды отмечено количественное и качественное разнообразие микроорганизмов. Пробы были отобраны на 10-е и 60-е сутки от начала производственного сезона, что позволило оценить увеличение количества микроорганизмов в транспортёрно-мочной воде по сравнению с длительностью пребывания вод в кольце в работе и проследить динамику количественных изменений микроорганизмов в группах термофилов, мезофилов и грибов в зависимости от погодных условий. Результаты исследований приведены в табл. 2.

В проанализированных пробах воды были обнаружены термофилы, мезофилы и плесневые грибы в количествах, превышающих литературные данные последних лет. Это показывает, насколько необходимо тщательное очищение и обеззараживание транспортёрно-мочной воды именно в последнее время, когда в результате механи-

зации процессов возрос уровень загрязнения корнеплодов, а также в связи с ранними пусками заводов повышена температура транспортёрно-мочной воды. Снижение температуры транспортёрно-мочной воды способствует уменьшению её обсеменённости. Так, понижение средней температуры воды на 6 °С привело к уменьшению общей обсеменённости на 55 %, при этом количество мезофилов снизилось почти в 1,7 раза, количество термофилов – в 8 раз, плесневых грибов – в 3,2 раза.

При микроскопировании было обнаружено, что среди мезофильной группы микроорганизмов преобладают стрепто- и диплококки, встречаются палочки, а среди группы плесневых грибов – грибы родов *Penicillium* и *Mucor*. Присутствовали колонии белёсого и светло-жёлтого цвета с блестящей поверхностью и небольшой радиальной складчатостью в основном округлой формы с неровными краями. Микроскопируются дипло- и стрептококки. Имеются также колонии неправильной формы с матовой поверхностью. Под микроскопом видны спорозоносные палочки. Общее количество микроорганизмов –  $1 \cdot 10^8$  (рис. 1).

Было установлено, что потери сахарозы в транспортёрно-мочной воде вследствие её разложения возрастают при увеличении длительности производственного сезона, и на 60-е сутки работы завода составляют 0,442 % к массе транспортёрно-мочной воды, что вполне согласовывается с данными других исследователей [13, 14] (табл. 3, рис. 2).

Таблица 2. Величина микробиологической заражённости транспортёрно-мочной воды

Количество дней от начала производственного сезона, суток	Температура воды, °С	Количество микроорганизмов КОЕ в 1 см <sup>3</sup>			
		Общее	В том числе		
			мезофилы	термофилы	плесневые грибы
10	12	$9 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
60	4	$5 \cdot 10^8$	$4,5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^3$



Рис. 1. Чашки Петри

Образующиеся кислоты практически не удаляются при отстаивании транспортёрно-моечной

воды. Очень малая их часть при добавлении извести даёт нерастворимые и выпадает в осадок, большая часть накапливается в циркулируемой воде, вызывая снижение её рН.

Транспортёрно-моечная вода вследствие различных причин

сильно пенится. Пена является источником вторичного микробиологического загрязнения воды и

территории. Нами были испытаны различные пеногасители, при использовании которых процесс пенообразования значительно угнетается. Так, в случае применения пеногасителя Talox ВТ пена почти не образуется, а если и образуется (при низких расходах пеногасителя), то за 1–2 мин полностью исчезает. Пеногаситель Суанатер Р70 способствует исчезновению от 78 до 100 % пены за 5 мин при расходе от 0,0025 до 0,05 %.

Необходимо поддерживать возможно низкую температуру транспортёрно-моечной воды, применяя для этого башенные или бассейновые охладители, и проводить периодическое её хлорирование [15, 11, 29]. Для ополаскивания свёклы после мойки применять обязательно чистую воду, поверхность свёклы после ополаскивания обрабатывать антисептиком.

В целях снижения потерь сахарозы в транспортёрно-моечной воде необходимо сократить количество механически повреждённых корнеплодов путём усовершенствования техники для возделывания, уборки сахарной свёклы, укладки её на хранение и подачи на переработку, а также модернизировать конструкции свеклонасосов.

Одним из радикальных способов уменьшения потерь сахарозы в транспортёрно-моечной воде является организация сухой подачи свёклы и исключение из технологической схемы свеклонасосов, которые значительно повреждают корнеплоды. По этому пути пошли многие сахарные заводы Западной Европы, изменив традиционную схему гидроподачи. На заводах стран СНГ такую схему используют несколько заводов после проведённой реконструкции. Подавать в бурачную целесообразно только свёклу, прошедшую хранение, т. е. такую, которая частично потеряла свой тургор и будет меньше биться при загрузке в бурачную и гидротранспортировке в завод.

Таблица 3. Изменение количества кислот в транспортёрно-моечной воде в течение сезона производства

Показатель	Длительность производства, суток				
	10	16	18	28	60
рН <sub>20</sub>	11,1	9,8	10,3	9,6	8,0
Навеска пробы, г	20	20	20	20	10
Количество прореагировавшего 0,1 н раствора NaOH	1,5	2,8	3,1	3,5	3,5
Эквивалентное количество кислотных радикалов, мг-экв/100 г воды	0,76	1,41	1,57	1,77	3,54
Количество молочной кислоты, мг/100 г воды	68,18	127,26	140,90	159,08	318,15
Потери сахарозы, мг/100 г воды	94,69	176,75	195,69	220,94	441,88
Потери сахарозы, % к массе воды	0,095	0,177	0,196	0,221	0,442

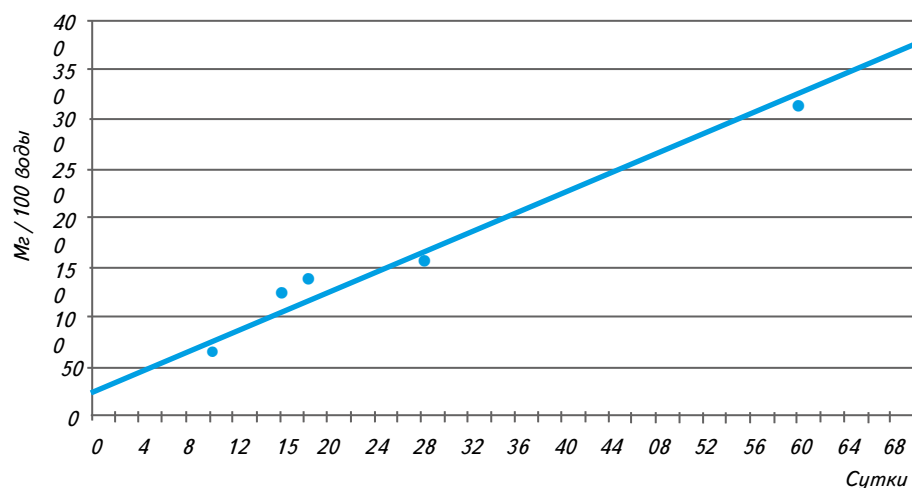


Рис. 2. Изменение содержания кислот в транспортёрно-моечной воде в зависимости от длительности сезона производства

**Таблица 4. Расшифровка потерь сахарозы при переработке свёклы**

№ п/п	Показатели	Потери сахарозы, %		
		к массе свёклы, оставшейся к переработке	к массе сахарозы, принятой со свёклой	к общим потерям сахарозы при переработке
1	Общие потери сахарозы при переработке свёклы	1,13	6,83	100
1.1	Определяемые в том числе	0,41	2,46	36,0
1.1.1	в жоме	0,29	1,72	25,2
1.1.2	в фильтрационном осадке	0,12	0,74	10,8
1.2	Непосредственно не определяемые в том числе	0,72	4,37	64,0
1.2.1	вследствие разложения сахарозы в диффузионной установке	0,17	0,98	14,3
1.2.2	в сокоочистительном отделении	0,10	0,59	8,6
1.2.3	на выпарной установке	0,09	0,54	7,9
1.2.4	в продуктовом отделении	0,16	0,92	13,5
1.2.5	в аммиачной воде	0,01	0,06	0,9
1.2.6	в колодце сладких вод	0,05	0,32	4,7
1.2.7	мнимые*	0,07	0,45	6,6
1.2.8	нерасшифрованные	0,08	0,51	7,5

\*Мнимые потери обусловлены разницей между определением сахаристости методом спиртовой экстракции и методами горячего или холодного водного дигерирования. Эта разница в начале производства незначительная, но с увеличением длительности хранения свёклы, особенно при неблагоприятных погодных условиях, может существенно увеличиться главным образом через образование декстрана, который даёт значительное вращение плоскости поляризации вправо.

Необходимо поддерживать оптимальные значения рН, подщелачивая её до рекомендованных значений известью, и температуры транспортёрно-мочной воды. Для улучшения отстаивания воды и интенсификации этого процесса целесообразно применять эффективные коагулянты и флокулянты. Было установлено, что все марки флокулянтов значительно интенсифицируют процесс отстаивания и повышают его эффективность при незначительных расходах ( $7,5 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-4}$  % к массе воды).

**Потери сахарозы при переработке сахарной свёклы**  
Исследованиями установлено, что в среднем за сезон сырьё, по-

ступающее на переработку, характеризуется следующими показателями качества:

- содержание корнеплодов: дуплистых – 65,9–74,6 %, механически повреждённых – 40,5–70,9 %, в том числе сильно – 18,6–22,5 %, подмороженных – 5,5–13,8 %, цветущих – 0,1 %, проросших – 20,3–21,4 %, подгнивших – 0,3–5,2 %;
- количество зелёной массы – 0,1 %;
- ростков – 0,1 %;
- гнилой массы – 0,1 % [13, 16, 19];
- общее количество балластных примесей – 1,55–2,59 %;
- неотмытой земли – 0,11–0,24 %;

– прилипшей и впитанной влаги – от 0,97 до 1,8 % [19].

Расшифровка потерь сахарозы при переработке свёклы представлена в табл. 4.

Потери сахарозы, не определяемые при переработке свёклы, или так называемые неучтённые потери, обусловлены потерями от микробиологического и термохимического разложения на всём верстате завода. Исследования показали, что увеличение сильно механически повреждённых корнеплодов и значительное количество слабо повреждённой свёклы, увеличения в связи с этим микробиологического поражения разорванных тканей, накопление несхаров – продуктов заживления повреждённых поверхностей, а также ухудшение химического состава корнеплодов, которое обусловлено интенсивной технологией выращивания свёклы, приводит в процессе переработки сырья к увеличению потерь сахарозы вследствие её разложения и увеличению содержания сахарозы в мелассе [22, 24, 26].

#### Учтённые потери сахара

Общие потери сахарозы в свеклосахарном производстве включают в себя определяемые потери с жомом и фильтрационным осадком и неопределяемые потери, обусловленные деятельностью микроорганизмов, действием высоких температур, щелочей и кислот.

По нормативам потери с жомом в диффузионных установках при прессовании жома до 30 % СВ и возврате всей жомопрессовой воды составляют 0,27–0,34 %, без возврата жомопрессовой воды (при переработке свёклы ухудшенного качества и низкой чистоте полученной воды) – до 0,4 % к массе свёклы.

В связи с массовым внедрением в производство прессов глубокого отжима появилась возможность повысить качество диффузионно-

го сока, оставляя содержание сахара в обессахаренной стружке на таком уровне, чтобы в жоме после прессов, с учётом выхода прессованного жома, потери сахара не превышали нормативных и были на уровне 0,29–0,35 % к массе свёклы. Такой способ работы позволяет в процессе экстракции не извлекать большую часть несахаров и иметь доброкачественность диффузионного сока 91–92 %.

По нормативам потери сахара в фильтрационном осадке из вакуум-фильтров установлены 0,10–0,15 % к массе переработанной свёклы (0,11 (0,10–0,12) % для свёклы, перерабатываемой во втором полугодии, и 0,15 % к массе свёклы, перерабатываемой в первом полугодии). Если же на заводе установлены пресс-фильтры, то они дают возможность иметь потери на этом участке 0,03–0,05 % к массе свёклы. Норматив потерь для пресс-фильтров 0,054 (0,05–0,07) % для свёклы, перерабатываемой во втором полугодии, и 0,10% к массе свёклы – для перерабатываемой в первом полугодии. Снижать потери на пресс-фильтрах до более низких величин нет надобности, так как большое количество воды поступит на верстат завода и обеспечит разбавление сока перед выпаркой.

#### Неучтённые потери сахара

В отделении сокодобывания вследствие сильного инфицирования стружки и питательной воды, особенно при пониженной температуре, происходит развитие микроорганизмов и распад сахарозы с образованием преимущественно L-молочной кислоты. По данным исследователей, потери сахарозы из-за деятельности микроорганизмов составляют 0,06–0,24 %, а при особо неблагоприятных условиях могут достигать 0,4–0,5 % к массе свёклы и более [10, 13]. Кроме прямых потерь сахарозы продукты жизнедеятельности бак-

терий (редуцирующие вещества, органические кислоты) вызывают трудности в дальнейших процессах технологического потока и повышенное содержание сахарозы в мелассе.

Жизнедеятельность микроорганизмов в диффузионном аппарате может проявляться в кислото- и газообразовании, разложении сахарозы с образованием редуцирующих веществ, а затем кислот. Потребление сахара в процессе метаболизма различными микроорганизмами подробно изучалось японскими исследователями [16, 19], эти данные приведены в табл. 5.

**Таблица 5. Потребление сахарозы отдельными видами микроорганизмов в диффузионном процессе [22]**

Вид микроорганизма	Потери сахарозы, % за 1 час на $10^6$ спор в $1 \text{ см}^3$
<i>Bac. subtilis</i>	0,12
<i>Bac. stearotermophilus</i>	0,11
<i>Bac. megaterium</i>	0,08
<i>Bac. cereus</i>	0,06
<i>Bac. circulans</i>	0,06
<i>Bac. coli</i>	0,03
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	0,04
<i>Leuconostoc dextranicum</i>	0,02
<i>Clostridium butyricum</i>	0,01

Таким образом, если не тормозить процесс жизнедеятельности микроорганизмов, то, учитывая длительность нахождения стружки в экстракторе, удельную долю потерь сахарозы, обусловленную метаболизмом каждого из видов микроорганизмов, которые присутствуют на стружке в результате контаминации корнеплодов свёклы, можно за 1 час потерять 0,64 % сахара к массе свёклы. Кроме того, продукты разложения сахарозы (редуцирующие вещества, органические кислоты) и продукты жизнедеятельности некоторых микроорганизмов, образующих полисахариды (декстран

и леван), вызывают трудности в дальнейших технологических процессах — усложняют процессы очистки, фильтрации и кристаллизации сахарозы.

Рассмотрим основные источники инфицирования диффузионного сока [2, 11].

**Свекловичная стружка.** Обсеменённость свекловичной стружки микроорганизмами зависит от состояния корнеплода, степени его отмывки от земли, от качества моечной воды, ополаскивания корнеплодов чистой водой и последующей обработки антисептиками. Степень инфицирования стружки из немороженной свёклы составляет  $8 \cdot 10^5$ – $1 \cdot 10^7$ ; замороженной и оттаявшей — от  $1,5 \cdot 10^7$  до  $9 \cdot 10^8$  шт. микроорганизмов в  $1 \text{ г}$  свекловичной стружки.

**Питательная вода.** В качестве питательной воды для диффузионных установок на многих сахарных заводах используют барометрическую воду. По данным исследований [2, 11], содержание микроорганизмов в горячей сульфитированной барометрической воде составляет 75 шт. в  $1 \text{ см}^3$ ; если же воду не сульфитировать и её температура находится в пределах 30–40 °С, то содержание микроорганизмов в  $1 \text{ см}^3$  возрастало до  $8 \cdot 10^3$ – $1,8 \cdot 10^5$ . Следует отметить, что качественный бактериологический состав барометрической воды идентичен качественному составу прудовой воды. Необработанная барометрическая вода при температуре 40 °С по своему бактериологическому составу может быть хуже, чем прудовая, так как при этой температуре создаются благоприятные условия для размножения многих видов микроорганизмов. Целесообразно для питания диффузий использовать аммиачные конденсаты, содержание аммиака в которых не превышает 40–60 мг/л.

**Жомопрессовая вода.** Исследованиями показано, что жомопрессо-



вая вода в значительной мере заражена термофильными микроорганизмами. Жомопрессовая вода, отобранная после прессов, содержит от  $2,2 \cdot 10^4$  до  $1,4 \cdot 10^6$  микроорганизмов в  $1 \text{ см}^3$ ; после подогревателя ( $t = 70\text{--}80 \text{ }^\circ\text{C}$ ) — от  $1 \cdot 10^3$  до  $8 \cdot 10^5$  в  $1 \text{ см}^3$ . Количество микроорганизмов в жомопрессовой воде, подаваемой на диффузию, зависит от способа её обработки. Если жомопрессовая вода подаётся по короткой схеме, без обработки, её заражённость значительно выше, чем с обработкой и очисткой.

По [11], если жомопрессовая вода возвращается в диффузию по короткой схеме (отстаивание и нагрев до  $74\text{--}78 \text{ }^\circ\text{C}$ ), то  $1 \text{ см}^3$  её содержит  $1 \cdot 10^3\text{--}7,2 \cdot 10^3$  термофильных микроорганизмов. Если же жомопрессовая вода подвергается дефекосатурационной обработке, то она содержит мезофилов около  $2 \cdot 10^1$ , термофилов  $7 \cdot 10^2$  микроорганизмов в  $1 \text{ см}^3$ .

**Работа диффузионной установки.** Количество микроорганизмов в диффузионном соке неустойчиво и находится в зависимости от многих факторов. Поэтому диффузионный процесс необходимо проводить при оптимальной температуре, ритмичности работы всего оборудования, дезинфекции процесса, соблюдении надлежащего санитарного состояния всего завода. Микробиологическими исследованиями в диффузионном соке найдено большое количество спорозонных бактерий: *Bac. subtilis*, *Bac. Mesentericum*, *Bac. Megatherium*, *Bac. Padiculatum*, *Bac. mycoides*, *Bac. circulans* и др. В диффузионном соке могут размножаться слизеобразующие бактерии *Leuconostoc Lactobacterium plantarum*, *Leuconostoc dextranicum*, *Leuconostoc mesenteroides*.

**Температурный режим.** При нарушении температурного режима в диффузионном соке обнаруживают дрожжи *Saccharomyces*, *Torula*, *Candida* и др. Бактерии,

развивающиеся в диффузионном соке при температуре  $55\text{--}70 \text{ }^\circ\text{C}$ , относятся к термофильным микроорганизмам. У некоторых микроорганизмов, принадлежащих к этой группе, можно обнаружить обмен веществ при температуре  $78\text{--}85 \text{ }^\circ\text{C}$  [3]. Например, *Bac. stearotermophilus Donker* обладают сильной кислотообразующей способностью, хорошо растут и развиваются при температуре  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ .

По данным различных исследователей, в  $1 \text{ см}^3$  диффузионного сока содержится от  $1 \cdot 10^3$  до  $2,9 \cdot 10^8$  микроорганизмов. Так как активное развитие термофильных микроорганизмов наблюдается при температуре  $65\text{--}70 \text{ }^\circ\text{C}$ , необходимо стремиться к тому, чтобы ни в одной точке диффузионного аппарата температура не опускалась ниже  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Сокоочистительное отделение.** Потери сахарозы на этом участке обусловлены разложением сахарозы в щелочной среде при высокой температуре с образованием редуцирующих веществ, продуктов их дальнейшего разложения с образованием молочной кислоты и красящих веществ.

**Выпарная установка и кристаллизационное отделение.** Потери сахарозы происходят за счёт разложения сахарозы при значениях pH, отличающихся от оптимальных, и длительности процесса.

Для уменьшения неучтённых потерь сахарозы при переработке свёклы необходимо:

- на этапе подготовки свёклы к диффузионному процессу и при экстрагировании сахарозы обеспечить полное удаление лёгких и тяжёлых примесей и осуществить качественную мойку свёклы для удаления прилипшей почвы, выполнить ополаскивание корнеплодов чистой водой и растворами дезинфектантов;

- выполнять регулярную очистку бункеров свёклы над свеклорезами от остатков корнеплодов

в углах, а также очистку желобов под резами от стружки, своевременную уборку россыпей стружки возле транспортеров;

- контролировать процесс диффундирования сахарозы по pH диффузионного сока, накоплению молочной кислоты и общих кислот в соке в аппаратах наклонного типа, ошпаривателях и колонных аппаратах, своевременно вносить антисептики;

- строго соблюдать температурный режим процесса диффундирования с целью своевременного дезактивирования энзимов, разлагающих сахарозу.

Активный диффузный массоперенос сахара из вакуоль клетки к наружной поверхности стружки начинается только после денатурации протоплазмы, что окружает вакуоль. В нормальном состоянии, когда клетка ещё живая, протоплазма является полупроницаемой лишь для воды, но не для компонентов клеточного сока. Денатурация начинается после нагрева массы стружки до  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . При такой температуре протоплазма становится проницаемой, но для полной денатурации необходим нагрев до более высоких температур, при которых происходит активная диффузия —  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  и выше. Оценка различных способов нагрева стружки до температуры начала активной диффузии ( $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ) позволяет отметить очень важную роль интенсивности (скорости) этого нагрева, что связано с содержанием в свёкле ферментов инвертазы (сахаразы) и пектолитических ферментов, отщепляющих пектиновые вещества и способствующих их переходу в диффузионный сок, а также жизнедеятельностью микроорганизмов. Превращения в пектиновом комплексе связаны с деятельностью фермента пектинэстеразы, активность которого значительно повышается при подвяливание, подмораживании и оттаивании

корнеплодов. По данным исследователей [28], в диффузионном соке из свежей свёклы активность пектинэстеразы равнялась нулю, а в подмороженной и подвяленной была значительной (табл. 6). Такая же зависимость наблюдалась и в диффузионном соке, полученном из хранившегося сырья.

Температурный оптимум действия пектинэстеразы находится в пределах 30–37 °С, при 40–45 °С наступает значительное снижение активности, при 50 °С происходит полная инактивация фермента. Следовательно, пектинэстераза не термостабильна и может быть полностью инактивирована.

Для деятельности инвертазы и, следовательно, образования редуцирующих веществ большое значение имеет температура диффузионного процесса (рис. 3 [26, 28]). Большинство исследователей (М.З. Хелемский, М.Л. Пельц, О.Н. Савельева) склоняются к мысли, что при температуре 70–75 °С активность инвертазы прекращается вовсе либо незначительна. Эти же авторы, исходя из своих исследований, считают,

**Таблица 6.** Активность пектинэстеразы диффузионного сока, полученного из свёклы разного технологического качества [28]

Свекловичная стружка, полученная из нехранившейся свёклы	Активность пектинэстеразы, ммоль NaOH, диффузионного сока свёклы	
	На 1 г сырой массы	На 1 г сухой массы
Тургорной	0	0
Подвяленной на 10 %	0,0005	0,122
на 20 %	0,028	0,562
Подвяленной на 10 % и поражённой <i>Botrytis cinerea</i>	0,029	0,613
Подмороженной	0,100	2,111

что деятельность инвертазы микроорганизмов незначительна при температуре выше 60 °С [28]. Активность инвертазы микроорганизмов при сокодобывании находится в линейной зависимости от количества микроорганизмов, которые введены на диффузию со свёклой.

Олдфилд [28], изучая потери на диффузии, пришёл к выводу, что здесь действуют два фермента, способные гидролизовать сахарозу, – с рН 5 и рН 8. По исследованиям ВНИИСП [28], при получении диффузионного сока активны обе инвертазы с разными

оптимумами рН. При благоприятных температурных условиях для своей деятельности инвертаза становится очень активна, с чем часто сталкиваются на сахарных заводах.

Все биохимические аспекты деятельности ферментов и микроорганизмов в диффузионном процессе следует учитывать в связи с реальными условиями сахарного производства. Необходимо регулярно осуществлять дезинфекцию сборников жомопрессовой воды, пульполовушек диффузионного сока и жомопрессовой воды.

В процессе очистки диффузионного сока нужно осуществлять тщательный микробиологический контроль процесса прогрессивной предварительной дефекации, особенно в первой зоне, когда при работе с холодным диффузионным соком ( $t = 26–30\text{ °С}$ ) в этой зоне может происходить быстрое размножение бактерий *Leuconostoc mesenteroides*, клетки которых покрыты слизью, предохраняющей их от неблагоприятных условий окружающей среды. По рекомендациям автора этого аппарата Бригель-Мюллера, который первым столкнулся с такой проблемой, первая секция должна иметь щёлочность 0,002 % СаО. Целесообразно перед первой зоной ввести суспензию сока II сатурации. Под верхнюю крышку преддефекатора по периметру должен быть подведён острый пар, чтобы была возможность убить эти клетки.

Активность инвертазы, мг инвертного сахара

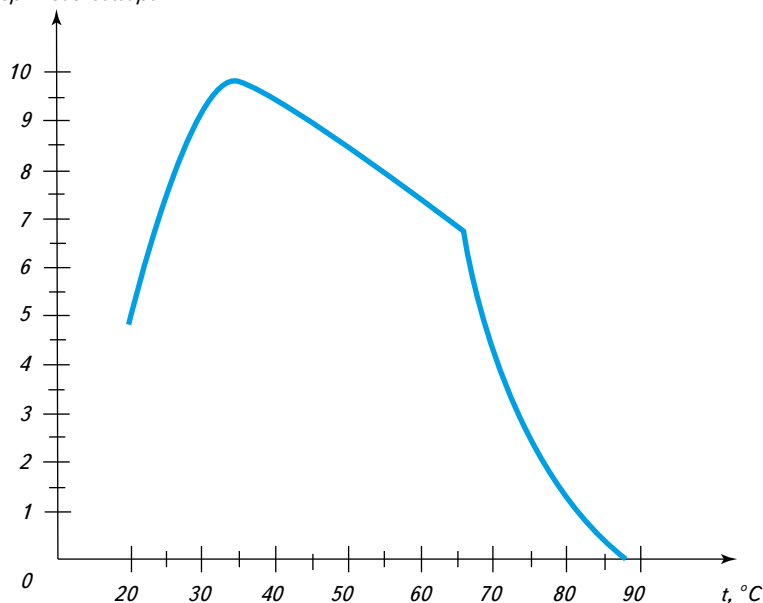


Рис. 3. Зависимость активности инвертазы от температуры процесса

**Производственные помещения продуктового отделения.** На конечном этапе производственного цикла важной является защита сахара от вторичной инфекции, которая существенно влияет на качество сахара. В сахаре, выпускаемом с производства, количество отдельных видов микроорганизмов регламентируется Государственными стандартами. Однако в сахаре иногда встречаются мезофильные и термофильные бактерии, которые могут попасть в продукт через очаги микробиологического заражения, существующие на заводе. Это может быть диффузионный сок, заражённый термофильными бактериями, споры которых устойчивы к высоким рН и температурам, поэтому они могут дойти до продуктового отделения.

В результате вторичного инфицирования возможно заражение сахара дрожжами и плесенью. Основным фактором вторичного заражения может быть воздух, поэтому необходимо акцентировать внимание на санитарном состоянии машин, оборудования, а также на очистке воздуха, который подаётся в отделение сушки и охлаждения сахара. Стены, полы и оборудование должны поддерживаться в чистоте. Их систематическая мойка и дезинфекция снизят риск микробного заражения. Эффективность данных мероприятий следует проверять с помощью микробиологических анализов путём взятия проб и посева их на средах.

**Транспортёры белого сахара.** Транспортёры влажного и сухого белого сахара могут быть местами вторичного заражения, так как микроорганизмы, находящиеся в производственных помещениях, могут инфицировать готовый продукт. Следовательно, все транспортёры влажного и сухого сахара должны быть закрыты и защищены от любых загрязнений из производственных помещений. Над транспортёром, подающем гото-

вый продукт в бункер, целесообразно установить лампы ультрафиолетового излучения.

**Гидроциклоны.** Важной точкой микробиологического контроля в сахарном производстве являются гидроциклоны, установленные в сушильных отделениях заводов. Соответствующая температура и содержание сахарозы способствуют быстрому размножению микроорганизмов. Так как сахарный раствор из гидроциклонов далее направляется в основном в клеровку, это может привести к значительному увеличению микроорганизмов в готовом продукте. Этот участок необходимо контролировать постоянно, обрабатывая сахарный раствор из циклонов антисептиком. К ним должен быть подведён острый пар. Следует поддерживать в чистоте также внешние части оборудования.

**Личная гигиена специалистов, работающих в продуктовом отделении.** Продуктовое отделение должно быть изолировано от других производственных помещений. В это отделение имеют право заходить только работающие там специалисты. Необходимо контролировать периодичность смены спецодежды, следить за выполнением инструкции по мытью рук с использованием бактерицидного мыла, осуществлять регулярные микробиологические анализы чистоты рук путём посевов на среды. Выдерживание норм гигиены работниками продуктового отделения, периодический профилактический медицинский осмотр и личный контроль за своим здоровьем дадут возможность обеспечить микробиологическую защиту готовой продукции.

#### **Молочная кислота и методы её контроля**

Исследованиями установлено, что в своём метаболизме микроорганизмы используют преимущественно сахарозу, находящуюся в

растворе, с образованием преимущественно молочной кислоты [27].

Если потери сахарозы с жомом и фильтрационным осадком обусловлены технологическим регламентом используемого оборудования, то неучтённые потери сахарозы зависят главным образом от правильного ведения технологического процесса и соответственно отклонений от него [29]. Чем выше обсеменённость свёклы микроорганизмами, тем больше они разлагают сахарозы и используют инвертного сахара при метаболизме. Особенно активно это происходит в процессе хранения свёклы и в отделении сокодобывания.

Хранящаяся свёкла, убранная механизированным способом, с повреждениями кожного покрова, отрывами частей корнеплода в хвостовой части и области головки представляет собой идеальный объект для развития мезофильных бактерий, в результате деятельности которых образуется D-молочная кислота.

В отделении сокодобывания вследствие сильного инфицирования стружки по причине недостаточного отмывания корнеплодов от прилипшей почвы, особенно при пониженной температуре, происходит развитие микроорганизмов и распад сахарозы с образованием преимущественно L-молочной кислоты.

При щелочном расщеплении инвертного сахара образуется рацемическая смесь L- и D-форм молочной кислоты. В процессе дефекосатурационной очистки диффузионного сока образование молочной кислоты происходит в результате щелочного и термического разложения редуцирующих веществ, при выпаривании и уваривании — за счёт разложения сахарозы при значениях рН, отличающихся от оптимальных [9]. Спектры солей этих форм кислот представлены на рис. 4.

Содержание молочной кислоты в свежей свёкле нормального качества невелико: 0,003–0,01 % к массе свёклы. В неинфицированном диффузионном соке содержание молочной кислоты составляет 10–25 мг на 100 г сока. Под действием термофильных микроорганизмов содержание молочной кислоты может резко возрасти до 100–200 мг на 100 г сока. Образовавшаяся в технологическом процессе молочная кислота накапливается в мелассе (0,14–0,25 % к массе свёклы) [19]. Именно соли кальция молочной кислоты обуславливают «трудные» вари utfелей в продуктовом отделении.

Исследователи многих стран при разработке методов контроля обращают внимание на результаты жизнедеятельности микроорганизмов и биогенные кислоты [19]. По данным А.Я. Загорюлько, молочная кислота составляет 96 % от суммарного количества всех кислот, образовавшихся вследствие распада сахарозы, по данным Каррузерса и Олдфилда – 96–100 %, Шора – 91–94 %, Лоренца – 75–90 %. Шнайдер также

указывал на преобладание молочной кислоты в общем содержании кислот [19]. Поэтому технологическая служба сахарного завода должна осуществлять контроль содержания молочной кислоты в продуктах сахарного производства. Для этой цели разработаны экспресс-методики, которые освоены специалистами сахарного завода [27].

Таким образом, добиться снижения потерь сахарозы и повышения эффективности свеклосахарного производства рекомендуется путём проведения следующих мероприятий:

- для снижения потерь сахарозы в транспортёрно-моечной воде необходимо снизить количество механически повреждённых корнеплодов путём усовершенствования техники (предназначенной для возделывания, уборки сахарной свёклы, укладки её на хранение и подачи на переработку) и конструкции свеклонасосов;

- не допускать длительного нахождения свёклы в бурачных, свёкла не должна находиться в воде;

- осуществлять подщелачивание транспортёрно-моечной воды известью до рекомендованных Инструкцией [29] по ведению процесса переработки свёклы значений;

- использовать флокулянты и пеногасители для интенсификации отстаивания транспортёрно-моечной воды и исключения вторичного её заражения;

- осуществлять тщательное удаление лёгких и тяжёлых примесей, земли, зелёной массы;

- для исключения попадания заражённой транспортёрно-моечной воды на стружку осуществлять ополаскивание корнеплодов чистой водой и антисептиками;

- на гидротранспортировку направлять сырьё, пролежавшее не менее двух суток, что позволит снизить травмированность корнеплодов и потери сахара в транспортёрно-моечной воде;

- следить за технологическим и температурным режимом на всех станциях технологического процесса переработки свёклы;

- осуществлять контроль накопления молочной кислоты в диффузионном процессе и своевременно принимать меры по снижению инфицирования среды в диффузионных установках.

#### Список литературы

1. *Бартельс, Б.* Мойка свёклы по «французскому» способу / Б. Бартельс, Т. Дерми, Ф. Майшак // Сахар и свёкла. – 2019. – № 2. – С. 4–7.

2. *Белостоцкий, Л.Г.* Указания по ведению микробиологического контроля свеклосахарного производства / Л.Г. Белостоцкий, В.З. Находкина // Киев : ВНИИСП, 1984. – С. 151–152.

3. *Богданов, В.М.* Техническая микробиология пищевых производств / В.М. Богданов, Р.С. Баширова, К.А. Кирова. – М. : Пищевая промышленность, 1968. – С. 418–420.

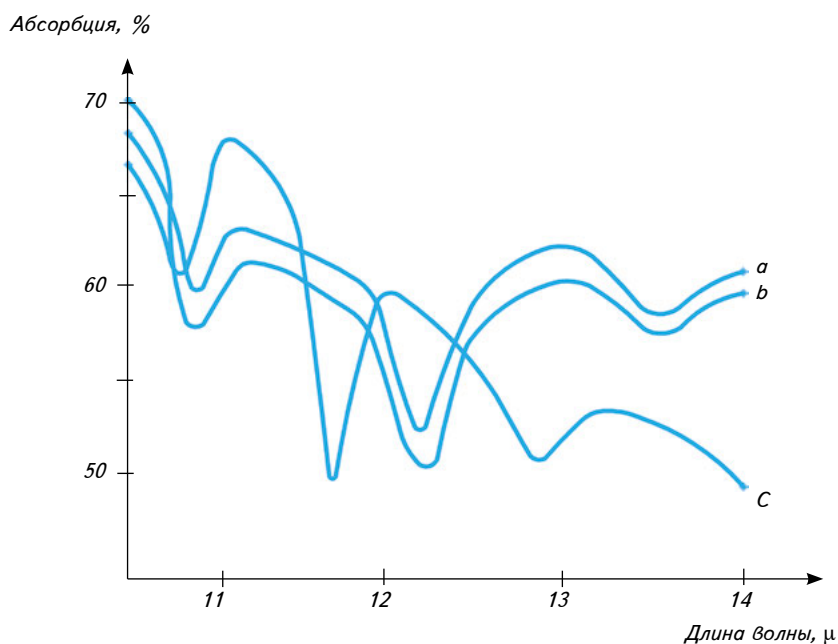


Рис. 4. Спектры абсорбции на длинах волн от 11 до 14 мкм а – D(–) молочная кислота; б – L(+) молочная кислота; в – лактат натрия

4. Влияние механических повреждений корнеплодов сахарной свёклы на её сохраняемость и показатели при переработке / С.Я. Филиппин [и др.] // Сахарная промышленность. — 1986. — № 6. — С. 45–47.
5. Влияние слизистого бактериоза на технологические качества сахарной свёклы и её переработку / Ю.Д. Головняк [и др.] // Сахарная промышленность. — 1986. — № 11. — С. 37–42.
6. ГОСТ 33884-2016 Сахарная свёкла. Технические условия.
7. Князев, В.А. Прогрессивная технология приёмки и хранения свёклы / В.А. Князев. — М. : Пищевая промышленность, 1989. — 319 с.
8. Кузнецова, Л.А. Фракционный состав сахарной свёклы / Л.А. Кузнецова, И.А. Марочко // Сахарная промышленность. — 1973. — № 7. — С. 51–54.
9. Кухар, В.Н. Потери массы и сахарозы на тракте подачи свёклы в завод и пути их снижения / В.Н. Кухар, Л.И. Чернявская // Цукор України. — 2015. — № 11. — С. 64–69.
10. Источники и величины потерь сахара при хранении и переработке свёклы / А.Л. Шойхет [и др.] // Сахарная свёкла: производство и переработка. — 1989. — № 1. — С. 40–41.
11. Находкина, В.З. Микробиология в свеклосахарном производстве. — М. : Пищевая промышленность, 1967. — С. 12–15.
12. Опыт уборки, хранения и переработки свёклы с повышенным содержанием цветущих корней / Л.Г. Белостоцкий [и др.]. — Киев : ВНИИСП, 1974. — 36 с.
13. Повышение эффективности сахарного производства за счёт снижения потерь сахара / Л.И. Чернявская [и др.]. — М. : АгроНИИТЭИПП, 1992. — Вып. 3. — 45 с.
14. Снижение технологического качества сахарной свёклы, поражённой в различной степени кагатной гнилью / В.А. Князев, С.Н. Калина, Л.И. Чернявская // Сахарная промышленность. — 1983. — № 2. — С. 40–43.
15. Пархомец, А.П. Исследование биологических качеств и методов дезинфекции транспортёрно-мочечных вод / А.П. Пархомец, В.З. Находкина, А.И. Сорокин // В сб. : Сахарная промышленность. — М. : ЦНИИТЭИпищепром, 1977. — № 1. — С. 10–19.
16. Технологічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру / В.М. Милькевич [та ін.]. — Киев : Укрсоціоцентр, 2000. — 132 с.
17. Технологічний облік у цукровому виробництві / Н.І. Штангеева [та ін.]. — Киев : УДУХТ, 2001. — 172 с.
18. Хелемский, М.З. Технологические качества сахарной свёклы. Ч. I и II. М.З. Хелемский. — М. : Пищевая промышленность, 1964. — 112 с.; 1973. — 251 с.
19. Чернявская, Л.И. Сахарная свёкла. Проблемы повышения технологических качеств и эффективности переработки / Л.И. Чернявская [и др.]. — Киев : Укрфитосоциоцентр, 2003. — 308 с.
20. Malec, J. Wplyw mechanizacja zbioru burakow cukrowych na jakosc surowca I jego przydatnosc do przechowywania / J. Malec // Gazeta Cukrov. — 1980. — № 2. — С.43–44.
21. Selection de la betterave sucriere pour une reduction des pertes en sucre pendant la periode de stockage. — Scientific Agrisculture // Rennes. — 1983. — № 3. — PP. 1–7.
22. Walerianchyk, F. Niektore Czynniki obnizajace wydajnosc cukru z burakow / F. Walerianchyk // Gazeta Cukrovniza. — 1979. — № 5. — С. 104–106.
23. Uhlenbrok, Y.W. Zuckerferluste Schwemmwasser und ihre analytische erfassung / Y.W. Uhlenbrok // Zucker. — 1972. — № 24. — S. 771–773.
24. Hallanoro, H. Untersuchungen uber die «unbestimmten Zucker-verluste» infinnischen Rubenzuckerfabriken / H. Hallanoro // Zuckersndustrie. — 1985. — № 5. — S. 480–483.
25. Gorsler, M. Biologische Abwasserreinigung nach dem Kombinationsverfahren am Beispiel einer Zuckerfabrik / M. Gorsler // Zucker. — 1975. — Bd. 28. — № 4. — S. 174–177.
26. Klaushofer, H. Zur Frage des Zuckerferlustes durch hochthermophile Mikroorganismen in Extraktionsanlagen Ruben Zuckerfabriken / H. Klaushofer // Zucker. — 1972. — № 5. — SS. 157–165.
27. Stechova, A. Stanoveni kyseliny mlecne v cukrovarnickych stavach kolorimetrycky / A. Stechova, L. Slobodova, P. Kadlec // Listy Cukrovarnict. — 1987. — № 8. — SS. 169–174.
28. Хелемский, М.З. Биохимия в свеклосахарном производстве / М.З. Хелемский, М.Л. Пельц, И.Р. Сапожникова // М. : Пищевая промышленность. — 1977. — 224 с.
29. Инструкция по ведению технологического процесса переработки свёклы. — М. : ВНИИСП, 1983. — 386.

**Аннотация.** Представлены результаты исследований и фактически полученные данные потерь сахарозы на тракте подачи и при переработке сахарной свёклы современных способов возделывания, уборки и хранения.

**Ключевые слова:** качество свёклы, выход сахара, потери сахара, эффективность свеклосахарного производства.

**Summary.** The research results and actually obtained data on sucrose losses in the feeding path and in the processing of beets by modern methods of cultivation, harvesting and storage are presented.

**Keywords:** beet quality, sugar yield, sugar loss, sugar beet production efficiency.