

Эффективность переработки сахарной свёклы в зависимости от потерь сахара при хранении корнеплодов

Часть 3. Химико-фитопатологические показатели сахарной свёклы механизированной уборки после хранения в кагатах

Л.И. ЧЕРНЯВСКАЯ (e-mail: li_ch@ukr.net), Ю.А. МОКАНЮК

ИПР НААН Украины

В.Н. КУХАР, А.П. ЧЕРНЯВСКИЙ

ООО «ФИРМА «ТМА»

Введение

Проблема сохранности технологических качеств сахарной свёклы является весьма актуальной. Широко используемая в свекловичном производстве новая технология возделывания сахарной свёклы, включая комплексную механизацию уборочных и погрузочно-транспортных работ, представляется большим достижением сельскохозяйственной науки и практики. Она позволила почти полностью ликвидировать тяжёлый физический труд в свекловодстве, расширить посевные площади, сократить материальные и финансовые затраты, повысить экономическую эффективность свекловичного производства. Однако на данной стадии технического уровня механизированной уборки возникли особенности физического состояния и технологических качеств сырья, оказывающие существенное влияние на ход его хранения и переработки.

Как установлено многолетними наблюдениями научных учреждений, важнейшие технологические особенности сахарной свёклы, убираемой механизированными способами, таковы:

- значительная загрязнённость землёй, зелёной массой (ботва, черешки листьев) и другими балластными примесями;
- сильные ранения, повреждения и деформация свекловичных корнеплодов при механизированных операциях по их уборке и погрузке в транспортные средства [7–10,12].

Перечисленные особенности свекловичного сырья механизированной уборки обусловили следующие нежелательные процессы при его хранении: ослабление природной устойчивости; интенсификация микробиологических поражений; повышенная ак-

тивность гидролитических процессов; прорастание и усиление дыхания корнеплодов, что безусловно влечёт за собой увеличение потерь сахарозы; более интенсивное снижение важнейших показателей технологических качеств свёклы, в том числе увеличение содержания редуцирующих веществ, вредного азота и коллоидов, уменьшение натуральной щёлочности сока I сатурации, снижение чистоты очищенного сока, термоустойчивости и других показателей [2–5]. В результате переработки такого сырья снижение технико-экономических показателей сахарных заводов становится неизбежным. В частности, потери сахара в мелассе увеличиваются на 0,4–0,5 % к массе свёклы, а выход сахарозы снижается.

Состояние вопроса по технологическим качествам сырья и его хранению

При непрерывном росте оснащённости свеклоуборочных хозяйств уборочной техникой нередко допускается чрезмерно форсированная уборка свёклы в ранний осенний период и большие временные интервалы между копкой и вывозом корнеплодов. Значительная часть свёклы поступает при этом на приёмочные пункты сахарных заводов незрелой, сильно увядшей при температуре наружного воздуха 25–30 °С, особенно на тех перерабатывающих предприятиях, которые начинают сезон в конце июля – начале августа. Производственная практика убедительно подтверждает, что увядшая свёкла при хранении теряет сахара в три раза больше, чем корнеплоды с нормальным тургором. Кроме того, она быстро загнивает и плохо перерабатывается [14–16].

Хранение сахарной свёклы на приадаптованном свеклоуборочном пункте или в полевых кагатах всегда было одной из

наиболее сложных проблем сахарной промышленности. Корнеплод является живым организмом со свойственными ему процессами обмена. Эти процессы необходимо правильно и своевременно регулировать, создавая условия хранения, предотвращающие появление микробной порчи и тормозящие прорастание.

Современные условия хранения значительно усложнились. В связи с механизацией уборки и складированием сахарной свёклы существенно изменились физические качества сырья: помимо высокой загрязнённости землёй, ботвой и другими балластными примесями (до 15–20 %) наблюдается значительное механическое травмирование корнеплодов (до 40–50 %). Через места ранений в них проникают микроорганизмы, что способствует развитию микробиологических процессов при последующем хранении. Значительно изменился и характер повреждений. Высокий уровень механизации транспортных и погрузочно-разгрузочных операций приводит к тому, что в кагат поступает свёкла с большим количеством других сильных повреждений, нередко приводящих к полной деформации корнеплодов, которые, быстро загнивая, создают очаги кагатной гнили. Сахарные заводы получают свёклу со значительным количеством несрезанных головок, а наличие головок и черешков листьев увеличивает склонность корнеплодов к прорастанию в кагатах, что снижает чистоту свекловичного сока.

Технико-экономические показатели свеклосахарного производства в значительной степени зависят от качества сырья. Наличие в перерабатываемой свёкле 1–2 % гнилой массы уже заметно сказывается на процессе получения и выходе сахара. Микробиологическая порча вызывает резкое уменьшение содержания сахара в свёкле, накопление вредного азота и значительное ухудшение других её технологических показателей: затрудняется изрезывание корнеплодов в стружку, нарушается протекание процессов на диффузии (газообразование, усиление пенообразования). Замедляется варка утфеля, кристаллизация, фуговка сахара. При значительном количестве гнилой массы в перерабатываемом сырье производительность завода может уменьшиться на 20–30 % по сравнению с плановой [17, 18].

Существует прямо пропорциональная зависимость между количеством поранений, образованием кагатной гнили и величиной потерь сахара при хранении. Здоровые корнеплоды имеют в два-три раза меньше гнилой массы при хранении, чем повреждённые.

Влияние повреждений на величину потерь сахара при хранении не является постоянным и зависит от ряда причин. Одинаковая травма, нанесённая вялой и свежей свёкле, в первом случае спровоцирует в полтора раза больший процент заболеваний. Потери

массы корнеплодов за период хранения в большой мере зависят от степени повреждения. Даже совершенно здоровые теряют при хранении сахар и накапливают редуцирующие вещества. В клетках же, граничащих с местами поранений, инверсия сахарозы протекает значительно активнее.

Во всём сложном комплексе физиологических процессов, протекающих в корнеплоде свёклы при хранении, важным звеном является дыхательный газообмен, так как в основе и прорастания, и устойчивости лежит синтез биологически активных веществ, связанных с потреблением энергии, образующейся при дыхании. Потери сахара, связанные с дыханием здоровой свёклы, довольно стабильны и относительно невелики. На интенсивность дыхания и потери сахара оказывает влияние ряд факторов: условия вегетации, сортовые особенности, поранения, колебания температур при хранении и др. Температура является самым главным внешним фактором, влияющим на дыхание, так как в пределах от 5 до 30 °С показатели дыхания удваиваются или утраиваются. При температурах около 20–25 °С, что является обычным для хранения свёклы в сентябре, потери сахара возрастают в пять-шесть раз. Повышенные температуры, кроме того, значительно усиливают микробиологические процессы в корнеплодах, что сопряжено с их загниванием и резким увеличением потерь сахара. На интенсивность дыхания существенно влияет не только величина температуры, но и её стабильность. Резкая смена температуры стимулирует дыхание в среднем на 30 %.

Значительное влияние на дыхание свёклы и связанную с этим потерю сахара оказывает количество воды, содержащееся в ней к моменту уборки. Интенсивность дыхания коррелирует с увеличением степени подвяленности корнеплодов. В числе факторов, влияющих на результаты хранения, большая роль принадлежит тургорному состоянию корнеплодов. Увядание сопровождается повышением активности инвертазы, потерями массы свёклы [20].

Водный баланс растительных тканей тесно связан с устойчивостью, так как при усиленном испарении на коже образуются мелкие трещины, через которые проникают микроорганизмы.

В связи с переходом на механизированные способы ведения свекловодства, особенно уборки, повышенную актуальность для сахарной промышленности приобретают вопросы повышенной загрязнённости свёклы, при которой создаются условия, благоприятные для её прорастания в кагатах. Прорастание отрицательно влияет как на величину потерь, так и на степень устойчивости свёклы по отношению к микроорганизмам. Оно выражается в появлении ростков из спящих почек и сопровождается усилением дыхания, потерей сухих веществ, более интенсивным

выделением тепла, изменением технологических свойств. Особенно благоприятствует прорастанию наличие на корнеплодах несрезанной головки с черешками листьев и спящими почками. Степень прорастания зависит от зрелости корнеплода, атмосферных условий в период вегетации и хранения, загрязнённости, способа обрезки головок, режимов хранения и пр. Таким образом, свёкла механизированных способов уборки характеризуется рядом особенностей, приводящих в первую очередь к развитию микробиологических процессов и усиленному прорастанию при хранении [21–25].

Для эффективной переработки сырья в свеклосахарном производстве проблемы хранения сахарной свёклы и снижения потерь сахарозы в этих процессах являются чрезвычайно актуальными. 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 приёмные пункты сахарных заводов поступает 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 [7–9, 16, 19, 27, 29, 30]. Как результат, остро встаёт проблема снижения потерь сахара при хранении сахарной свёклы.

По литературным источникам [28], во Франции при валовом сборе 33 млн т потери при хранении составляют 100 тыс. т, или 0,3 %. В денежном выражении – это 100 млн франков, или 175 франков на 1 га. Среднесуточные потери сахара в период хранения в Англии составляют 160 г/т, в Ирландии – 200, во Франции – 400, в Германии – 450, в США – более 450 г/т [21, 25].

В результате научных исследований, выполненных на Украине в 80-х гг. прошлого века, по хранению свёклы в производственных кагатах были получены данные, приведённые в таблице.

Установлено, что в кагатах краткосрочного хранения потери массы свёклы и сахарозы были в 3,3 раза, при средних сроках хранения – соответственно в 2,2 и 1,8 раза, при длительном хранении – в 1,7 и 1,4 выше, чем нормативные. За II полугодие потери массы свёклы были в 1,6 раза, сахарозы в 1,4 раза больше, чем нормативные; в I полугодии превышение составило соответственно 1,9 и 1,2 раза [3].

Для определения структуры потерь сахарозы в период от приёмки свёклы до получения готовой продукции наиболее достоверным методом является проведение уточнённого контроля и учёта производства

в условиях реального завода. Это очень трудоёмкая и специфическая научная работа, которая осуществляется в отрасли на специально выбранном перерабатывающем предприятии, которое успешно функционирует и имеет комплект современного эффективного оборудования. Такие исследования проводятся при изменении набора сортов и гибридов, смене качества свёклы, условий её уборки, методов и длительности её хранения, изменения комплекта оборудования в технологической схеме, длительности производственных сезонов и др. Они требуют большого количества научных сотрудников для тщательного контроля правильного и объективного учёта производства, в частности определения массы свёклы, её сахаристости, анализа и контроля продуктов по верстату, учёта количества и качества готовой продукции, продуктов незавершённого производства, полупродуктов и отходов производства.

Подобные изыскания являются основанием для пересмотра нормативов на всех участках технологического процесса:

- при хранении свёклы в полевых условиях и на при заводских свеклопунктах в зависимости от длительности хранения (краткосрочное, средних сроков и длительное), видов уборки (поточный и поточно-перевалочный);
- при гидротранспортировке и сухой подаче на переработку;
- для отдельных видов машин (мойки барабанного типа, кулачковой, ролико-форсуночной);
- при осуществлении процесса экстракции диффузионным или диффузионно-прессовым методом, с глубоким прессованием жома и возвратом в процесс жомо-прессовой воды или без прессования жома, в зависимости от переработки свёклы различного качества;
- при процессе дефекасурационной очистки и разделении 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 в процессе очистки и набора оборудования для

Потери массы свёклы и сахарозы при хранении корнеплодов в кагатах

Виды хранения свёклы в кагатах	Среднесуточные потери, % к массе свёклы	
	Массы	Сахарозы
Краткосрочное	0,251	0,062
Средней длительности хранения	0,100	0,022
Длительное	0,065	0,018
II полугодие (средние данные)	0,082	0,020
I полугодие	0,066	0,018

повышения эффекта кристаллизации, в частности центрифуг с высоким фактором разделения и вертикальных кристаллизаторов последней ступени кристаллизации.

Нами в промышленных условиях были проведены исследования влияния повреждений, наносимых корнеплодам ботво- и корнеуборочными машинами, погрузчиками и свеклоукладчиками, на величину потерь свекломассы и сахарозы, на химико-фитопатологические показатели при хранении, а также на результаты переработки такого сырья [21, 25].

Методика проведения исследований

Результаты хранения свёклы в промышленных кагатах зависят от многих факторов (возделываемых сортов, агротехники выращивания культуры, погодных-климатических условий, сроков укладки и длительности хранения корнеплодов и т. д.), которые не учитываются, а объективный контроль количества сильно механически повреждённых корнеплодов по массовым пробам затруднён в период интенсивного поступления свекловичного сырья.

Специальные исследования по хранению свёклы в кагатах на сеточных пробах, уложенных в контейнеры. С целью выяснения реальных потерь сахарозы и массы свёклы при хранении для последующей разработки норм потерь свекломассы и сахарозы в зависимости от количества сильно механически повреждённых корнеплодов и рекомендаций по их снижению, а также для определения изменений химико-фитопатологических показателей свёклы после хранения такого сырья были проведены специальные комплексные исследования среднесуточных потерь сахарозы и свекломассы при хранении сеточных проб свёклы с различной степенью сильно механически повреждённых корнеплодов от 0 до 30 %, нанесенных ботво- и корнеуборочными машинами, погрузчиками и свеклоукладчиками, в кагатах.

Исследования проводились на специально сформированных сеточных пробах, укладываемых в заводских кагатах по их сечению. Для исключения дополнительных повреждений корнеплодов, уже уложенных в сетки, свёклой, падающей после стрелы свеклоукладчика, все сеточные пробы укладывались в закрывающиеся контейнеры, которые имели размеры 550×550×650 мм и были специально изготовлены на заводе из угловой стали 45×45 мм и сетки диаметром проволоки 5 мм с ячейкой 50×50 мм. Контейнер является надёжной защитой корнеплодов от повреждений при укладке и заборе свёклы из кагата тракторной лопатой и не создаёт препятствий для циркуляции воздуха. Такая методика позволила избежать повреждений корнеплодов и дала возможность повысить точность определения всех показателей.

На основании полученных ранее результатов для этих исследований были выбраны следующие варианты: свёкла ручной копки; корнеплоды механизированной уборки без сильных повреждений; от 1 до 5,0 %; от 5,1 до 10 %; от 10,1 до 12 %; от 12,1 до 15 %; от 15,1 до 20 %, от 20,1 до 25 %; от 25,1 до 30 % корнеплодов со значительными механическими повреждениями в пробе, всего 9 вариантов. Масса каждой сеточной пробы не менее 12 кг. Каждый из исследуемых вариантов формировался в 22-кратной повторности, из которых 4 сеточные пробы свёклы направляли на определение исходных показателей сахаристости. Остальные 18 проб укладывали в 6 точках по сечению кагата [31, 32]. Следовательно, в каждой исследуемой точке кагата было по 3 сеточные пробы всех исследуемых вариантов, всего 27 проб. Сформированные сеточные пробы укладывали в контейнеры, а свободное пространство засыпали корнеплодами из общего вороха свёклы. Контейнеры в кагаты по его сечению укладывали с помощью автомобильного крана. Хранение свёклы осуществляли в двух режимах: без вентиляции и с вентиляцией. В местах укладки сеточных проб устанавливали кагатные термометры. Уход за кагатами осуществляли по рекомендациям в соответствии с Инструкцией по приёмке и хранению сахарной свёклы [31, 32].

Чтобы сравнить результаты хранения свёклы при одном сроке уборки, но разной длительности хранения; разных сроков уборки и одинаковой длительности хранения, а также чтобы учесть наибольшее количество вариантов в заводских условиях всего производственного сезона, укладку исследуемых проб осуществляли в следующие сроки: во второй и третьей декадах сентября, в первой, второй и третьей декадах октября. Вынимали пробы в конце сентября, в середине и конце октября, в середине и конце ноября, в начале, середине и конце декабря. Перед закладкой и после выемки сеточных проб из контейнеров производили их взвешивание, а также химико-фитопатологический анализ, после которого во всех сеточных пробах определяли сахаристость свёклы.

На основании изменений массы корнеплодов и их сахаристости в сеточных пробах, длительности и сроков хранения рассчитывали общие и среднесуточные потери массы и сахара в свёкле по месяцам хранения.

Специальный производственный опыт по хранению и переработке свёклы со значительными механическими повреждениями более 12 % по всему объёму сырья в кагате. Такие исследования были проведены на специально сформированном кагате с количеством сильно механически повреждённых корнеплодов более 12 % во всём объёме свёклы с укладкой сеточных проб в соответствии с Инструкцией по приёмке и хранению свёклы [31, 32], его переработкой до конечного продукта в условиях реального завода [25]. Чтобы получить ста-

бильное значение сильно механически повреждённых корнеплодов более 12 % по всему объёму, кагат формировался из свёклы, убираемой механизированным способом с перевалкой на поле и использованием погрузчика, а также прошедшей двукратную очистку на свеклоукладочных комплексах на призаводском свеклопункте. При укладке и при заборе кагата осуществляли отбор проб из каждых 10–11 т для выполнения химико-фитопатологического анализа и определения сахаристости. В кагат было уложено 2030,6 т свёклы, 338,2 т сахара, средняя сахаристость при укладке составила 16,6 %. Свёкла поступала от одного свеклодатчика с загрязнённостью 10 %. Длительность хранения свёклы составила 57 суток.

Исследование интенсивности дыхания корнеплодов свёклы с различными механическими повреждениями. В целях исследования по определению причин повышенных потерь свекломассы и сахарозы по интенсивности дыхания корнеплодов с различными видами и разной степенью повреждений был использован респираторный аппарат И.М. Толмачёва и разработанная нами специальная методика. Результаты работы представлены в отдельной публикации [33].

Обсуждение результатов

Показатели качества сырья, поступающего на завод. Установлено, что в ворохе из-под комбайна количество корнеплодов с повреждениями головки составляет от 30 до 50 %, в боковую часть 9–11 %, в хвостовую часть 36–44 %; обломки – 1,5–2,5 % от всего количества сильно механически повреждённых корнеплодов. Свёкла, повреждённая в незначительной степени, имеет 93 % нормально и 7 % высоко обрезанных корнеплодов, неповреждённых соответственно 89 % и 11 % [5].

Сырьё, поступающее на свеклоприёмный пункт завода, характеризовалось следующими показателями: сахаристость составляла 16,44–16,60 %, загрязнённость – 7,6–9,7 %, количество механически повреждённых корнеплодов было 39,6–64,9 %, в том числе сильно повреждённых – 17,0–21,5 %, увядших – 0,11–0,14 %, зелёной массы – 0,12–1,57 %, дуплистых – 64,0–74,3 %.

Приёмка на заводе 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 оставался на хранение. В кагатах краткосрочного хранения (до 10 суток) находилось от 21 до 42 %, средних сроков хранения (11–30 суток) – от 18 до 39 %, длительного хранения (более 30 суток) было 40 % сырья, подлежащего хранению [3].

Баланс сахара от приёмки сырья до получения готовой продукции. Итоговый средний баланс сахарозы по заводу, составленный на основании трёхлетних

данных уточнённого контроля и учёта производства от приёмки сырья до получения готовой продукции, представлен на рис. 1.

Заводом было принято для переработки в среднем за сезон 181 932 т свёклы со следующими показателями: средняя сахаристость – 16,51 %, переработано 176 587 т свёклы, содержание сахарозы в стружке – 16,01 % к массе переработанной свёклы.

По полученным данным (см. рис. 1), в среднем за производственный сезон потери сахарозы на участке от приёмки сырья до его переработки составляют 0,97 % к массе свёклы, оставшейся к переработке. Анализируя этот участок, необходимо отметить, что большую долю имеют потери сахарозы при хранении свёклы в кагатах – 35,5 %; в транспортёрно-моечной воде – 16,5 %; вследствие образования оптически активных веществ – 5,9 %; суммарные потери при хранении свёклы в бурачных, с потерянной массой при погрузочно-разгрузочных работах, внутризаводской транспортировке, на механизмах тракта подачи, а также неучтённые составляют 42,1 %.

К массе принятого сырья потери сахара при хранении составляют 0,34 %; от образования оптически-активных веществ – 0,06 %; в транспортёрно-моечной воде – 0,16 %; при краткосрочном хранении, при нахождении в бурачных, от потерь массы при погрузочно-разгрузочных работах и неучтённые – 0,41 %.

На участке переработки свёклы общие потери сахарозы (в % к принятой со свеклой сахарозе) составляют 6,83 %, в том числе в жоме – 1,72 %; в фильтрационном осадке – 0,74 %; неопределяемые обычными аналитическими методами – 4,37 %. Соответственно, эти потери к массе принятой свёклы составляют соответственно 0,29; 0,12 и 0,72 %.

Выполненная работа и этот баланс показывают, за счёт снижения потерь на каких участках можно *реально* повысить эффективность сахарного производства. На участке приёмки и хранения свёклы – при хранении в кагатах и сокращении количества погрузочно-разгрузочных работ, длительности нахождения корнеплодов в бурачных и снижении неучтённых потерь; при переработке свёклы – в фильтрационном осадке и неопределяемых потерь сахарозы (вследствие деятельности микроорганизмов, действия высоких температур, инвертазы, россыпей продуктов и разливов соков). В целях снижения потерь сахарозы при хранении свёклы в кагатах необходимо планировать уборку таким образом, чтобы в первую половину производственного сезона максимально работать с колёс. Предприятие должно быть обеспечено высокопроизводительной уборочной техникой и автотранспортом в таком количестве, чтобы не требовалось создавать запасов свёклы на призаводских свеклопунктах. Свёкла не должна длительное время находиться в бурачной и подтапливаться транспортёрно-моечной водой.

При переработке свёклы снижение содержания сахара в фильтрационном осадке обеспечивается качественной обработкой продуктов на станции дефекосатурационной очистки и внедрением фильтрпрессного оборудования для обессахаривания осадка.

Особое внимание должно быть уделено так называемым неучтённым потерям, т.е. потерям сахара от его разложения под действием микроорганизмов на верстате завода (в бункерах свёклы, особенно в диффузионных установках, от действия инвертазы, от россыпей продуктов, от разливов соков, сиропа, оттоков, от действия высокой температуры и проч.). Особенно такие потери увеличиваются при длительных остановках завода.

Химико-фитопатологические показатели корнеплодов свёклы после хранения. Биохимические процессы, происходящие в корнеплодах свёклы, — как нормальные (диссимиляция углерода, протекающая в отсутствие солнечного света), так и патологические (гниение, вызываемое сложной ферментативной деятельностью кагатных грибов и бактерий, неизбежно приводит к разложению сахара до конечных продуктов распада сахарозы — CO_2 , воды и спирта). Одновременно с потерями сахарозы идёт накопление несахаров, возрастающих за счёт продуктов распада углеводов, и усиление гнилостных процессов как результат деятельности комплекса грибов и бактерий, что приводит к снижению качества свёклы. Направление и характер кагатных процессов оказывают решающее влияние на ход производства, так как этими процессами определяется выход сахара с единицы площади посевов, а при наличии патологических явлений создаётся угроза для производства от кагатной гнили.

Основными факторами, ускоряющими ход потерь сахара и фитопатологическое разложение (гниение) корнеплодов в кагатах являются увядание свёклы и травматические повреждения её при уборке. Нару-

шение эпидермиса корнеплода (ранение) открывает доступ кагатным микроорганизмам для их развития и разрушительной деятельности.

Пути проникновения кагатных микроорганизмов в корень. Механические повреждения являются главным

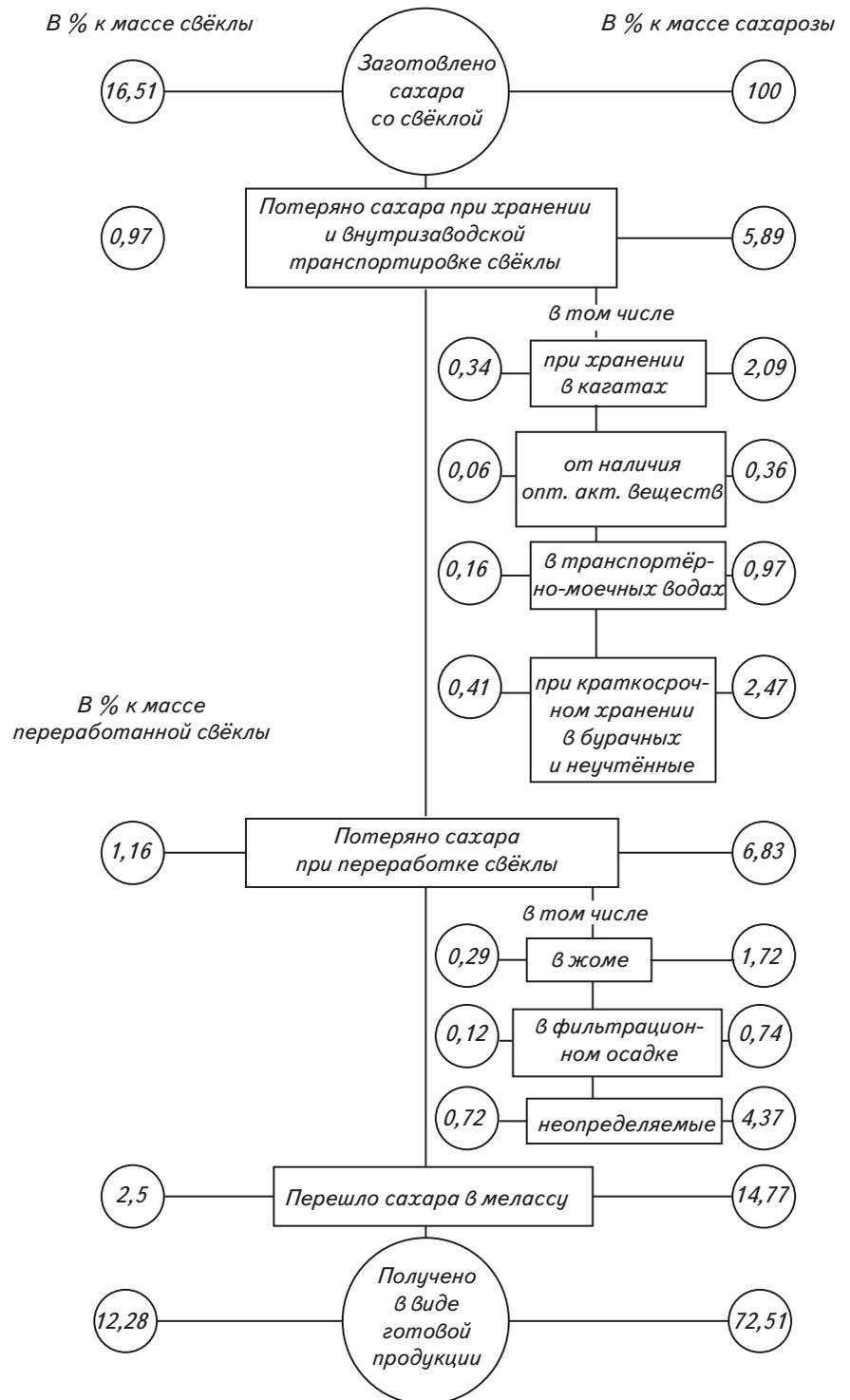


Рис. 1. Баланс сахара от приёмки сырья до получения готовой продукции

фактором, снижающим устойчивость корнеплодов. Корнеплоды с механическими повреждениями при хранении в кагатах загнивают быстрее. Ещё академик А.И. Опарин указывал: «В местах поранения, даже если они микроскопически малы, очень быстро начинается развитие грибка. В дальнейшем грибок выделяет ядовитые вещества, которыми он легко убивает клетки, и проникает глубоко в ткань корня» [11]. Нередко уязвимыми местами могут быть пятна, образовавшиеся вследствие высокой температуры воздуха (30–35 °С), или от подмораживания корнеплодов с последующим их оттаиванием. В некоторых случаях активные возбудители кагатной гнили могут сами прокладывать себе путь благодаря присутствию особых энзимов, разрушающих покровные ткани корнеплода. Довольно часто можно наблюдать такие явления, как поверхностное повреждение корнеплодов в виде парши, внутреннего отмирания сосудисто-волокнистых пучков и образования дуплистостей.

Анализируя грибы кагатной гнили, необходимо отметить, что многие из них являются представителями почвенной микрофлоры. В комплексе микроорганизмов кагатной гнили есть представители чистых сапрофитов, но большинство относится к факультативным паразитным грибам.

При условии дальнейшего потепления климата снизится роль грибов в структуре возбудителей кагатной гнили и усилится роль бактериальной составляющей и ассоциации бактерий с отдельными видами грибов [19]. Наибольшую вредоносность представляют патогенные из группы доминирующих и часто встречающихся (*Botrytis cinerea*, *Fusarium*, *Oospore betae*, *Alternaria alternata*, бактерии) [1].

Произошедшая за последнее десятилетие сортозамена привела к тому, что на полях стали возделывать гибриды зарубежной селекции, которые слабоустойчивы или неустойчивы к гнилям в период вегетации [19, 26].

Следует отметить, что растение сахарной свёклы часто поражается комплексом патогенов, которые маскируют истинные симптомы поражения, вызывая смешанные гнили. В развитии последней участвуют возбудители фузариозной гнили, патогенные бактерии и вирусы. Их синергетическое воздействие значительно ускоряет процесс поражения тканей и гибели растений. При этом локализация разного рода инфекций бывает различной – от поражения отдельных частей растений, листьев, сосудистой системы до системного поражения всего растения и корнеплода [2, 17, 19]. Синергизм бактерий, грибов и вирусов проявляется при поражении болезнями в период вегетации и хранения [2, 19].

Экологические ниши (пространственные и временные), в которые развиваются те или иные виды грибов – возбудителей кагатной гнили, обусловлены

температурным режимом и локализацией растительных остатков – резервата патогенов [19].

Общие потери сахарозы в корнеплодах при хранении обусловлены биохимическими процессами, связанными с дыханием корнеплодов как биологического объекта, и микробиологическими процессами (рис. 2). Результаты полученных нами общих потерь сахарозы при хранении свёклы и вследствие деятельности микроорганизмов были обработаны методами математической статистики и получены следующие уравнения:

$$P_o = 0,00014 \times X^2 + 0,0778 \times X + 0,5692; \quad (1)$$

$$P_{м.б.} = 0,000071 \times X^2 + 0,086 \times X - 0,923; \quad (2)$$

где P_o – общие потери сахарозы при хранении свёклы, % к массе уложенного сахара;

$P_{м.б.}$ – потери сахарозы вследствие деятельности микроорганизмов, % к массе уложенного сахара;

X – длительность хранения свёклы, сут.

Уравнения имеют прикладное значение. Учитывая высокий коэффициент корреляции, они дают возможность прогнозировать величину потерь сахарозы при хранении свёклы в кагатах от интенсивности дыхания, действия микроорганизмов и определять общие потери сахарозы при хранении свёклы.

Пример. Определить общие потери сахарозы, потери сахарозы вследствие деятельности микроорганизмов и потери, расходуемые корнеплодом на дыхание при длительности хранения свёклы в течение 30 суток.

Воспользуемся нашими уравнениями (1) и (2).

$P_o = 0,00014 \times X^2 + 0,0778 \times X + 0,5692 = 0,00014 \times 30^2 + 0,0778 \times 30 + 0,5692 = 0,126 + 2,334 + 0,5692 = 3,03$ % к массе уложенного сахара;

Потери сахарозы, % к массе уложенного сахара

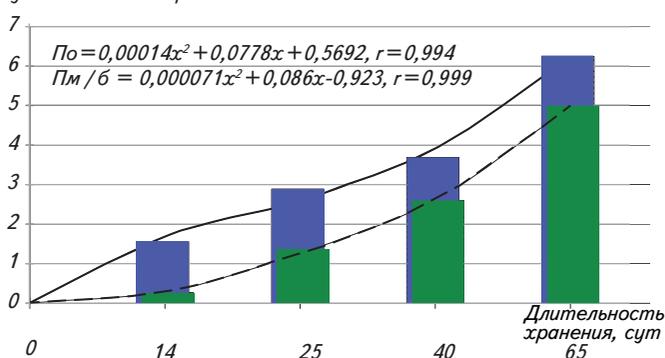


Рис. 2. Изменение потерь сахарозы – общих и вследствие деятельности микроорганизмов – в корнеплодах сахарной свёклы в зависимости от длительности хранения: ■ – общие потери сахарозы; ■ – потери сахарозы вследствие деятельности микроорганизмов; — — — — расчётные потери сахарозы вследствие деятельности микроорганизмов; — — — — расчётные общие потери сахарозы

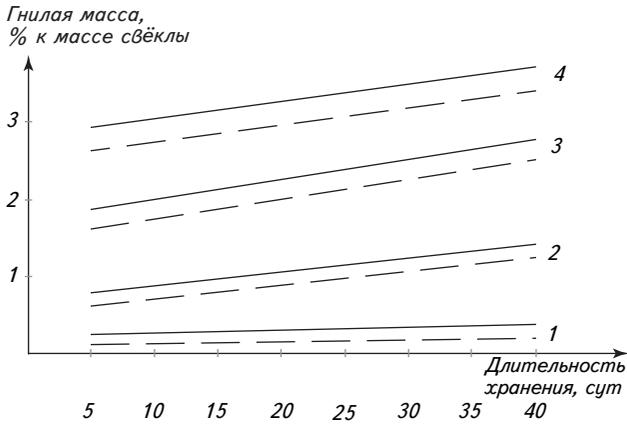


Рис. 3. Образование гнилой массы при хранении свёклы в зависимости от количества сильно механически повреждённых корнеплодов. Сильно механически повреждённые корнеплоды: — — — без вентиляции; — — — с применением активного вентилирования в течение: 1 – 14 сут; 2 – 25 сут; 3 – 40 сут; 4 – 65 сут

$P_{м.б.} = 0,000071 \times X^2 + 0,086 \times X - 0,923 = 0,000071 \times 30^2 + 0,086 \times 30 - 0,923 = 0,0639 + 2,58 - 0,923 = 1,721$ % к массе уложенного сахара;

$P_{дых.} = P_o - P_{м.б.} = 3,03 - 1,721 = 1,309$ % к массе уложенного сахара;

Как говорилось выше, особенно увеличились механические повреждения корнеплодов свёклы в связи с переходом на механизированные способы выращивания, уборки, погрузки, транспортировки, разгрузки, очистки от примесей и укладки на хранение. Убранная высокопроизводительной техникой свёкла имеет до 12 % сильно повреждённых корнеплодов. Каждая перегрузка, каждая последующая операция добавляет

вороху свёклы 4–6 % значительно травмированных корнеплодов. И свёкла, подаваемая на переработку, имеет в целом 86–89 % повреждённых корнеплодов, из них 48–49 % – сильно [6, 12].

С изменением качества свёклы усложнились условия её хранения и переработки, снизился выход сахара с единицы сырья.

В последние годы участились случаи обнаружения на полях корневых гнилей. В связи с этим представляется важным рассмотреть воздействие отдельных факторов на снижение технологических качеств свёклы при выращивании, уборке, хранении, транспортировании и их влияние на результаты переработки.

Опыты, проведённые нами, показали, что общие потери сахара возрастают при увеличении длительности хранения. Возрастает также количество гнилой массы, соответственно увеличиваются потери сахара, обусловленные деятельностью микроорганизмов (см. рис. 2). В пробе свёклы, содержащей 13 % механически сильно повреждённых корнеплодов, при хранении в течение 14 суток доля потерь сахарозы вследствие образования гнили от величины всех потерь сахарозы составляла 13,6 %, после 25 суток хранения она составила уже 47,6 %, а после 40 и 65 суток – 64 и 74 % соответственно [3]. Следовательно, при краткосрочном хранении свёклы после доставки её на завод потери сахарозы обусловлены главным образом биохимическими процессами. Поэтому в первый период хранения необходимо создать условия для быстрого заживления повреждений, что приведёт к уменьшению среднесуточных потерь. При длительном хранении потери сахарозы являются следствием в основном микробиологических процессов в корнеплодах и сопровождаются образованием гнилой массы.

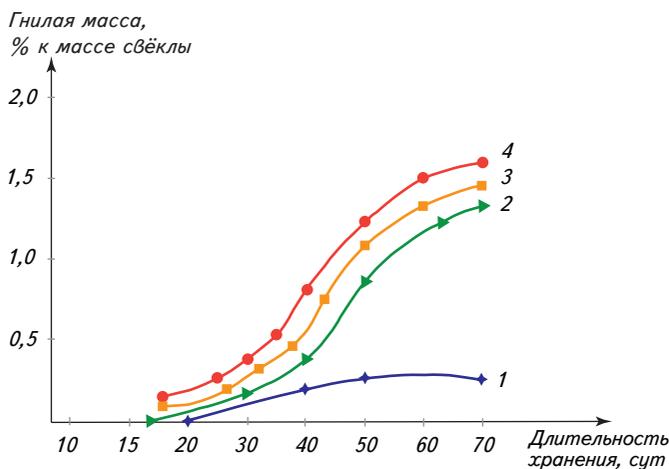


Рис. 4. Образование гнилой массы при хранении свёклы в зависимости от длительности хранения и механических повреждений корнеплодов: 1 – свёкла, убранная вручную; 2, 3, 4 – содержанием сильно механически повреждённых корнеплодов соответственно 0, 13,4 и 27 %

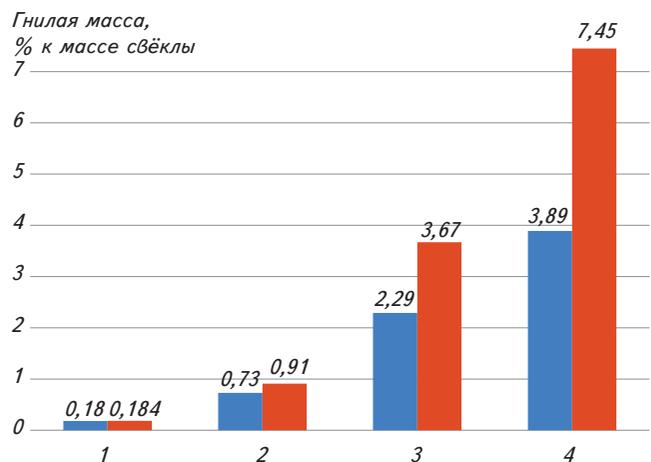


Рис. 5. Образование гнилой массы на корнеплодах свёклы в результате разной длительности и при разных режимах хранения в кагатах. Длительность хранения: 1 – 14 сут; 2 – 25 сут; 3 – 40 сут; 4 – 65 сут. Режим хранения: ■ – вентилируемый; ■ – невентилируемый

Мы исследовали влияние этих двух факторов на величину потерь сахарозы при хранении. В целях уточнения высоких потерь сахарозы в начальный период хранения была изучена интенсивность дыхания корнеплодов с разной степенью обрезки, разных сроков уборки и длительности хранения, степенью и характером их повреждений. Был разработан и опробован метод определения потерь сахарозы по интенсивности дыхания корнеплодов [33]. По данным многочисленных исследований, основными причинами высоких потерь сахарозы при хранении свёклы в кагатах является увеличение интенсивности дыхания корнеплодов с сильными механическими повреждениями, а также разложения сахарозы вследствие микробиологических процессов при образовании гнилой массы.

Развитие кагатной гнили на корнеплодах сахарной свёклы обуславливается комплексом неблагоприятных для хранения факторов и является конечным продуктом жизнедеятельности грибов *Botrytis cinerea*, *Phoma betae*, *Fusarium* и др. Гнилая масса, кроме прямых потерь сахарозы, ухудшает показатели при переработке корнеплодов. В них накапливаются продукты распада сахарозы, азотистых, пектиновых веществ. При переработке хранившегося сырья потери сахарозы в производстве увеличивались на 0,04–0,08 % [18].

Результаты исследований химико-фитопатологических показателей проб свёклы всех вариантов после хранения показали, что они характеризуются значительным содержанием проросших корнеплодов – от 46,8 до 89,1 %; количество покрытых плесенью корнеплодов в пробах составляло от 97,9 до 100 %; количество загнивших корнеплодов увеличивалось соответственно срокам хранения: при 14-суточной длительности хранения они составляли от 14,2 до 28,4 %, при 25-суточной – от 16,7 до 34,5, при 40-суточной – от 45,4 до 57, при 65-суточной – от 50,6 до 64,2 %.

Гнилая масса в пробах возрастала как с увеличением количества сильно механически повреждённых кор-

неплодов, так и с удлинением срока хранения. При хранении 14 суток содержание гнилой массы в зависимости от варианта увеличивалось от 0,06 до 0,31 % к массе свёклы, при 25-суточном – от 0,58 до 1,48 %; при хранении от 40 до 65 суток – соответственно от 1,68 до 2,98 и от 3,74 до 4,19 %, у сильно повреждённых корнеплодов – в среднем на 9,6–39,0 % (рис. 3, 4 и 5).

Результаты изменения содержания редуцирующих веществ в свёкле в зависимости от длительности хранения представлены на рис. 6. Как видим, с увеличением длительности хранения свёклы оно возрастает.

Потери свекловичной массы в октябре снижаются по сравнению с потерями в сентябре в среднем в 1,8–3,5 раза. Ещё более низкие потери массы свёклы в ноябре. В декабре они увеличиваются в среднем на 5 % по сравнению с показателями в ноябре, что обусловлено в основном микробиологическими процессами.

Данные определения среднесуточных потерь сахарозы и массы были обработаны методами математической статистики. Установлено, что существует высокая корреляционная связь между количеством сильно механически повреждённых корнеплодов и среднесуточными потерями сахарозы как при различных сроках, так и в различные месяцы хранения.

Таким образом, для уменьшения потерь свекломассы и сахарозы при хранении и улучшения показателей при переработке свёклы необходимо снижать количество механических повреждений корнеплодов, улучшая рабочие органы механизмов, применяя поточный способ уборки и не допуская лишних перевалок свёклы.

Заключение

На основании выполненных исследований можно сформулировать следующие выводы и предложения.

1. Основными причинами высоких потерь сахарозы при хранении сахарной свёклы современных кондиций являются механические повреждения, наносимые корнеплодам ботво- и корнеуборочными машинами, погрузчиками, свеклоукладчиками. Они вызывают повышение интенсивности дыхания и активное развитие микробиологических процессов.

2. Для повышения эффективности свеклосахарного производства необходимо максимально использовать переработку свёклы с колёс, уменьшать запасы свёклы на свеклопунктах.

3. Для снижения травмированности свёклы и повреждений корнеплодов применять преимущественно поточный способ её уборки.

4. В целях сохранности корнеплодов создавать режим хранения с вентиляцией, что позволит уменьшить образование гнилой массы в среднем на 22–47 %, снизить потери сахара на 22–38 %.

5. Для снижения потерь сахара вследствие образования ростков при хранении следить за выровненностью полей при подготовке почвы и за работой ботво-

Редуцирующие вещества,
% к массе свёклы

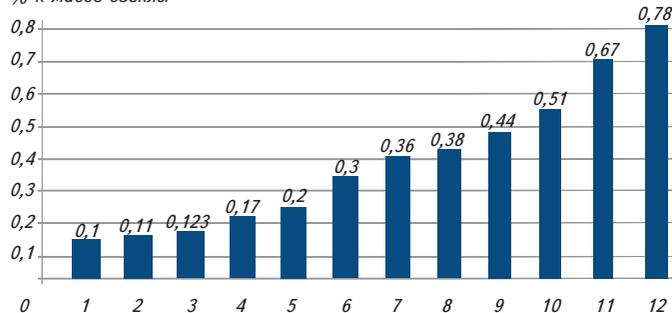


Рис. 6. Изменение содержания редуцирующих веществ в корнеплодах свёклы в зависимости от длительности хранения их в кагатах: 1 – свежая свёкла; 2 – 3 сут; 3 – 5 сут; 4 – 10 сут; 5 – 16 сут; 6 – 35 сут; 7 – 40 сут; 8 – 45 сут; 9 – 47 сут; 10 – 53 сут; 11 – 65 сут; 12 – 70 сут

уборочных машин, не оставляя головок с растительной почкой.

6. Для снижения загнивания и прорастания корнеплодов свёклы использовать биологически активные препараты, тормозящие эти процессы.

Список литературы

1. Атлас болезней и вредителей свёклы / Я. Бенада, Й. Шедивы, Я. Шпачек. — Прага : Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1985. — 264 с.
2. Влияние агротехнических факторов на изменение технологических качеств свёклы при хранении / В.А. Князев [и др.]. — Вып. 6. — М. : ЦНИИТЭИПП, 1983. — 24 с.
3. 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.
4. Влияние слизистого бактериоза на технологические качества сахарной свёклы и её переработку / Ю.Д. Головняк [и др.] // Сахарная промышленность. — 1986. — № 11. — С. 37–42.
5. Влияние способов уборки и различных типов уборочных машин на качество и сохраняемость сахарной свёклы / В.А. Князев [и др.] // Сахарная промышленность. — 1983. — № 1. — С. 54–57.
6. ГОСТ 33884-2016. Сахарная свёкла. Требования при заготовках. Технические условия.
7. Князев, В.А. Прогрессивная технология приемки и хранения свёклы / В.А. Князев. — М. : Пищевая промышленность, 1989. — 319 с.
8. Кузнецова, Л.А. Способ очистки свёклы активизированными грохотами / Л.А. Кузнецова // Сахарная промышленность. — 1980. — № 6. С. 31–39.
9. Кузнецова, Л.А. Фракционный состав сахарной свёклы / Л.А. Кузнецова, И.А. Марочко // Сахарная промышленность. — 1973. — № 7. — С. 51–54.
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. Опарин, А.И. Физиологическое исследование кагатных микроорганизмов / А.И. Опарин, О.И. Купленская // Хранение сахарной свёклы. — Киев : УНИС, 1931. — С. 17–41.
12. Опыт эксплуатации новых буртоукладочных машин и оборудования для очистки свёклы. Вып. 8. — М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1989. — 56 с.
13. Повышение эффективности сахарного производства за счёт снижения потерь сахара. Вып. 3 / Л.И. Чернявская [и др.]. — М. : АгроНИИТЭИПП, 1992. — 45 с.
14. Пожар, З.А. Некроз тканей свёклы / З.А. Пожар, А.С. Корниенко, Е.И. Тищенко // Сахарная свёкла: выращивание и переработка. — 1989. — № 6. — С. 13–14.
15. Рубин, Б.А. Хранение сахарной свёклы / Б.А. Рубин. — М. : Пищепромиздат, 1946. — С. 61.
16. Свекловодство / Под ред. В.Ф. Зубенко. — Киев : НПП ООО «Альфа-стевия»ЛТД». — 2005. — 400 с.
17. Слизистый бактериоз сахарной свёклы / В.А. Князев, М.Л. Пельц, И.Р. Сапожникова. — М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1982. Вып. 3. — 20 с.
18. 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.
19. Стогниенко, О.И. Формирование комплекса возбудителей кагатной гнили сахарной свёклы / О.И. Стогниенко, А.И. Воронцова // Сахарная свёкла. — 2015. — № 7. — С. 34–38.
20. Технологические качества увядшей свёклы / В.А. Князев, С.Н. Калина, Е.Г. Томиленко, Л.Н. Вербицкая // Сахарная свёкла: производство и переработка. — 1990. — № 2. — С. 48–51.
21. Технологічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру / В.М. Мількевич, Ю.С. Іоніної, Л.І. Чернявська [та ін.] / — Киев : Укрсоціоцентр, 2000. — 132 с.
22. Технологічний облік у цукровому виробництві / Н.І. Штангеева, Л.І. Чернявська [та ін.]. — Киев : УДУХТ, 2001. — 172 с.
23. Хелемский, М.З. Технологические качества сахарной свёклы. Ч. 2. — М. : Пищевая промышленность, 1973. — 251 с.
24. Хелемский, М.З. Хранение сахарной свёклы / М.З. Хелемский. — М. : Пищевая промышленность, 1964. — С. 112.
25. Чернявская, Л.И. Сахарная свёкла. Проблемы повышения технологических качеств и эффективности переработки / Л.И. Чернявская [и др.]. — Киев : Укрфитосоциоцентр, 2003. — 308 с.
26. Шнаар, Д. Сахарная свёкла / Д. Шпаар. — М. : АМА-ПРЕСС. — 2012. — 314 с.
27. Malec, J. Wpływ mechanizacja zbioru burakow cukrowych na jakosc surowca I jego przydatnosc do przechowywania / J. Malec // Gazeta Cukrow. — 1980. — №2. — С. 43–44.
28. Selection de la betterave sucriere pour uno reduction des pertes en sucre pendant la periode de stochage // Scientific Agrsulture. — Rennes. — 1983. — № 3. — Pp. 1–7.
29. Walerianchuk, F. Niektore Czynniki obnizajace wydajnosc cukru z burakow / F. Walerianchuk // Gazeta Cukrowniza. — 1979. — № 5. — С. 104–106.
30. Uhlenbrok, Y.W. Zuckerferluste Schwemmwasser und ihre analytische erfassung / Y.W. Uhlenbrok // Zucker. — 1972. — № 2. — S. 771–773.
31. Инструкция по приёмке и хранению сахарной свёклы. — М. : Главсахар, 1984.
32. Технологический регламент «Приёмка и хранение сахарной свёклы». — М. : Главсахар, 1989.
33. Эффективность переработки сахарной свёклы в зависимости от её технологических качеств и особенностей ведения процесса. Ч. 2. Исследования потерь сахарозы при краткосрочном хранении свёклы и пути их снижения / В.Н. Кухар [и др.] // Сахар. — 2020. — № 5. — С. 38.

Аннотация. Исследовано влияние механических повреждений корнеплодов на фитопатологические показатели и потери массы свёклы и сахара при их хранении. **Ключевые слова:** корнеплоды механизированной уборки, среднесуточные потери сахарозы и массы свёклы, фитопатологические показатели.

Summary. The effect of mechanical damage to root crops on phytopathological parameters and weight loss of beets and sugar during storage was studied.

Keywords: root crops of mechanized harvesting, average daily losses of sucrose and beet weight, phytopathological indicators.