

Факторы, влияющие на технологические качества сахарной свёклы современных селекций и эффективность её переработки

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

Качество сахара и эффективность работы сахарного завода в значительной мере зависят от качества перерабатываемого свекловичного сырья. На свеклоприёмные 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 хранению, ухудшаются показатели при переработке, увеличиваются потери сахарозы и снижается качество сахара.

Физическое состояние сырья (загрязнённость земель, связанной ботвой и свободными примесями; механические повреждения корнеплодов) и его химический состав (содержание сахарозы, редуцирующих, азотистых и зольных веществ, минеральных и органических кислот, веществ коллоидной дисперсности) в значительной мере влияют на условия переработки, выход и качество конечного продукта.

Технологические качества свёклы в отечественной сахарной промышленности в последние годы снизились по различным причинам, что подтверждено многочисленными исследованиями и известно из публикаций в специальной литературе. Изменение

качества свекловичного сырья проявляется в первую очередь в снижении сахаристости при приёме. По данным УкрНИИСП, при снижении сахаристости на 1 % выход сахарозы уменьшается на 1,9 %, расход сырья на получение 1 т сахарозы при этом возрастает на 12–20 % [11, 27]. Особенно увеличились механические повреждения корнеплодов в связи с переходом на механизированные способы выращивания, уборки, погрузки, транспортировки, разгрузки, очистки от примесей и укладки на хранение. Это привело к снижению качества свёклы, вследствие чего усложнились условия её хранения и переработки, снизился выход сахарозы с единицы сырья.

Хозяйства, выращивающие свёклу в целях промышленной переработки, для посева массово используют семена гибридов зарубежных селекций, однако достичь рекламируемых производителями семян результатов (на основании разработок селекционеров) не удаётся.

В последние годы участились случаи обнаружения на полях корневых гнилей. По мнению исследователей, произошедшая сортосмена привела к тому, что на полях стали возделывать гибриды зарубежной селекции, которые слабоустойчивы или неустойчивы к гнилям в период вегетации [11, 27]. При условии дальнейшего по-

тепления климата снизится роль грибов в структуре возбудителей кагатной гнили и усилится роль бактериальной составляющей и ассоциации бактерий с отдельными видами грибов. Наибольшую вредоносность представляют патогены из группы доминирующих и часто встречающихся (*Botrytis cinerea*, *Fusarium* Sp, *Oospora betae*, *A. Alternate*, бактерии). Экологические ниши (пространственные и временные), в которых развиваются те или иные виды грибов – возбудителей кагатной гнили, обусловлены температурным режимом и локализацией растительных остатков – резервата патогенов.

По требованиям ГОСТ 33884–2016 [7] загнившие корнеплоды к приёму не допускаются, однако отсортировать их в поле не всегда получается. Попадая в кагат полевого или заводского хранения, они становятся очагами загнивания, увеличивая потери массы, сахара и обуславливая снижение технологических показателей при переработке и качество белого сахара.

В связи с вышесказанным представляется важным рассмотреть воздействие отдельных факторов на снижение технологических качеств свёклы при выращивании, уборке, хранении, транспортировании и их влияние на результаты переработки и выпуск готовой продукции.

Аномалии развития растений

Цветушность. Цветушность свёклы образуется в условиях продолжительной холодной весны с утренними заморозками и низкими температурами до 5 °С, при которых свёкла проходит стадию яровизации. Кроме холодной погоды, появлению цветущей свёклы способствуют также сухая погода и чередование тёплых и холодных периодов. Цветущая свёкла, образовавшаяся в период первого года вегетации, так называемая ранняя, имеет небольшой корень, характеризующийся повышенной деревянистостью и пониженной сахаристостью. Поздняя цветущая характеризуется не слишком большой потерей урожайности [1, 14, 19].

По данным ВНИИСП [14], у цветущей свёклы ухудшаются химический состав и технологические показатели корнеплодов, снижается устойчивость к фитопатогенным микроорганизмам. С увеличением количества цветущих растений от 5 до 45 % на каждый 1 % теряется 0,7 ц/га сахара. Цветущая свёкла поздних и ранних сроков появления цветоносных побегов обуславливает сахаристость ниже на 0,8–1,6 % (абс.), а содержание в ней редуцирующих веществ, золы растворимой и лигнина выше соответственно на 6–12, 8–22, 23–84 % (отн.) по сравнению с нормально развивающейся свёклой.

Сопrotивление резанию цветущих корнеплодов в 3–5 раз больше, чем нормально развитых. При их переработке производительность завода снижается на 20 %, увеличиваются потери сахара до мелассы на 0,4 %, содержание сахара в мелассе увеличивается на 0,05–0,07 %, а выход сахара снижается на 0,85–2,27 % (абс.). При приёмке, хранении и переработке цветущей свёклы потери сахара увеличиваются соответственно на 0,3, 0,53 и 0,87 к массе сырья. После хранения в течение

70 суток количество гнилой массы у цветущей свёклы было в 4–7 раз, а среднесуточные потери сахара в 2–3,5 раза больше, чем у нецветущей [14].

Дуплистость. Это качество сахарной свёклы подразделяется на дуплистость головок и центральную дуплистость. Дуплистость головок появляется чаще всего при бурном росте свёклы в годы с обильным выпадением осадков или если влажный период наступает после засушливого периода [1, 13, 18, 19]. Образование дуплистости головок объясняется разрывом паренхимы в области головок, происходящим вследствие энергичного роста. На месте разрыва оболочка клеток пробкуется, и образуется слой пробки толщиной до 1 мм. Если разрыв головки выходит наружу, в него попадает дождевая вода, пыль и начинается процесс гниения, от которого слой пробки не предохраняет. При анализе срезов загнивающей ткани учёные обнаруживают в клетках паренхимы присутствие мицелия [13, 18]. По мнению В.П. Муравьёва, центральная дуплистость корнеплодов связывается в основном с почернением центрального сосудистого пучка. Исследования В.Т. Панасенко подтвердили, что около 50 % центральной дуплистости корнеплодов обусловлено именно этой причиной. В результате анализа микрофлоры центральной дуплистости в лаборатории микробиологии ВНИИСП было установлено, что *Fusarium betae* составляют 30 %, бактерии – 20, *Phoma betae* – 17,5, *Mucor* – 16, *Penicillium* – 8, *Gliocladium* – 4,5, *Aspergillus orizae* – 1,5 %, также встречаются актиномицеты и дрожжи. Уже после двухнедельного хранения начинается гниение здоровой ткани свёклы от полости дупла, а через 30–45 суток хранения почти вся свёкла с центральной дуплистостью оказывается загнившей или гнилой [13, 18]. Таким образом,

центральная дуплистость может быть началом очага кагатной гнили.

Процесс дуплообразования сопровождается уменьшением содержания сахара в корнеплодах на 1,1–1,4 %, увеличением количества вредного азота в 2 раза. При переработке свёклы с 27 % дуплистых корнеплодов сахаристость снижается на 0,7 %, чистота диффузионного сока и сиропа – соответственно на 1,1 и 1,8 %, а коэффициент завода – на 2,1 % по сравнению с переработкой недуплистой свёклы. После длительных сроков хранения дуплистые корнеплоды отличались в 2 раза более высокими показателями по содержанию гнилой массы и среднесуточным потерям сахара по сравнению с недуплистой [2]. При переработке такого сырья возникают затруднения с выпуском белого сахара высшей и первой категорий [7].

Поражение свекловичных растений болезнями

Корнеед. Возбудителем корнееда свёклы является целый ряд паразитов. Растения, подвергшиеся поражению, хуже развиваются по сравнению с остальными растениями, иногда засыхают и гибнут. Так как поражённое растение полностью не выздоравливает, участки корня, подверженные вредному процессу заболевания, растут более медленно, форма корнеплода деформируется. Масса корнеплодов на 10–40 % меньше, чем у здоровых растений. При различной степени поражения (25 и 50 %) сахаристость снижается соответственно на 0,4 и 1,5 %, потеря сбора сахара составляет 11–40,5 % (отн.) в зависимости от степени поражения, чистота свекловичного сока снижается на 1,0 и 4,0 %. Корни переболевших корнеедом растений менее устойчивы к загниванию: в период вегетации они чаще поражаются паршой, а при хранении в кагатах быстрее и сильнее загнивают [1, 19, 27].

Церкоспороз. При средней степени поражения этим заболеванием урожайность снижается на 2,0 т/га, сахаристость – на 0,3 %; при сильном поражении – соответственно на 6,0 т/га и 1,3 %. У такой свёклы за период длительного хранения общие потери сахара в 2 раза, а потери от гнили – в 3 раза выше, чем у непоражённой свёклы [1, 19].

Если свекловичные растения поражены комплексом болезней, то снижение сахаристости составляет 2,5–3 % (абс.), чистоты очищенного сока – 3–6 % (с 88 до 82 %) [2, 24, 27]. Переработка сахарной свёклы с низкой доброкачественностью свекловичного сока сопровождается проблемами с качеством выпускаемого сахара.

Бактериальная гниль листьев. Заболевание вызывает ряд бактерий. Болезнь распространяется от края листьев, особенно молодых. Поражённая часть бурет, чернеет, особенно в сырую погоду, потом поражается гнилью, которая может перейти на верхнюю часть корнеплода [1, 19, 20].

Корневые гнили.

Хвостовая гниль, или гоммоз корня свёклы. Болезнь поражает прежде всего нижнюю часть корня, затем постепенно продвигается вверх. Кончик корня окрашивается сначала в тёмно-зелёный цвет, потом бурет, а позднее чернеет. Поверхность поражённого корнеплода сморщивается. На разрезанной поверхности видны буреющие, затем чернеющие сосудистые пучки. В поздней стадии на срезе появляется слизевидный экссудат, ткань корнеплода размягчается, позднее паренхимные ткани полностью распадаются. Возбудителем болезни являются несколько видов бактерий, которые поражают свёклу, ослабленную неблагоприятными погодными условиями, особенно недостатком влаги. В корень бактерии проникают через сосудистые пучки [1, 20].

Бурая гниль. Заболевание проявляется в загнивании корнеплодов и быстром усыхании листьев. Встречается на тяжёлых и бесструктурных, заплывающих почвах, в местах с высоким уровнем подпочвенных вод, а также в долинах, где задерживается дождевая или поливная вода [1, 20, 21].

При обнаружении загнивших корнеплодов при предуборочном обследовании на плантации свекловичное сырьё с таких полей должно направляться непосредственно в переработку. Корнеплоды, здоровые и загнившие, должны быть рассортированы в поле.

Загрязнённость корнеплодов землёй

При поточном и поточно-перевалочном способах уборки в зависимости от погодных условий общая загрязнённость свёклы достигает 20–40 %, причём связанная с корнеплодами земля составляет 75–80 % от массы примесей. По данным специальных исследований ВНИИСП, ворох свёклы механизированной уборки состоит из следующих основных фракций [9, 10, 11, 15]:

- свёкла кондиционная (крупная и средняя);
- свёкла мелкая некондиционная (диаметром до 50 мм);
- свекломасса (бой и хвостики диаметром 10–30, 30–50 мм и более);
- примеси (земля свободная в россыпи; комья земли; земля, связанная с корнеплодами; ботва, связанная с корнеплодами и свободная; солома, сорняки, травянистые примеси, хвостики и корешки диаметром до 10 мм).

Трудноотделимые примеси (связанная земля, комья, связанная ботва) в ворохе составляют около 80 % к массе примесей, легкоотделимые – около 20 %. На связанную с корнеплодами землю приходится примерно 60 % от общей загрязнённости. Общее количество ботвы и травянистых примесей

в среднем равно 3 % к массе свёклы, максимальное – 10 %. Количество свекломассы (бой, осколки и хвостики) в ворохе достигает 2 % к массе свёклы. Мелкая некондиционная свёкла (диаметр до 50 мм) по своим размерам и массовым характеристикам соответствует свекловичному бою – хвостикам диаметром 50 мм и более. Количество мелкой свёклы (диаметром до 50 мм) в ворохе достигает 6 % к массе свёклы.

При влажности почвы более 23 % и загрязнённости свёклы более 20 % ворох свёклы теряет свойства сыпучего груза и при разгрузке буртоукладочными машинами резко снижается эффект очистки от примесей. При уровне общей загрязнённости до 10 % серийные очистители буртоукладочных машин отделяют только 12–25 % исходного количества примесей, в основном свободную землю. Остальные примеси (около 75 %) вместе со свекловичным боем поступают в кагат.

Анализ составляющих общей загрязнённости свёклы показал следующее:

- при загрязнённости 10 % трудноотделимые на буртоукладочных машинах примеси составляют 75 % (в том числе связанная земля – 45 %, свободная земля – 15 %, связанная ботва – 15 %);
- при загрязнённости 15 % трудноотделимые примеси составляют 90,4 % (в том числе связанная земля – 31,3 %, свободная земля – 1,3 %, комья земли – 0,7 %, связанная ботва – 58,4 %);
- при загрязнённости свёклы 18–40 % трудноотделимые примеси составляют 100 % (в том числе связанная земля – 42–73 %, комья земли – 2,62–2,65 %, связанная ботва – 54,77–24,25 %) к массе примесей.

Высокая загрязнённость корнеплодов приводит к нарушению нормального воздухообмена в кагатах, увеличению потерь массы и сахара, снижению эффективности

действия систем активного вентилирования свёклы, обработки корнеплодов химическими препаратами [2, 17, 19]. При повышении загрязнённости землёй с 2 до 10 % во время хранения увеличивается количество проросших корнеплодов на 35 %, загнивших – на 20 %, гнилой массы – на 0,5 %, среднесуточные потери сахара возрастают на 0,04 %. При переработке загрязнённой свёклы часть компонентов почвы на корнеплодах переходит в диффузионный сок, что снижает его доброкачественность примерно на 1 % [7].

Поэтому необходимо уделять внимание: перед посевом семян – тщательной подготовке почвы, выровненности поля, чистоте свекловичных посевов от сорняков; перед копкой – тщательному срезаю ботвы корнеплодов; перед укладкой свёклы в полевые кагаты или в кагаты на приадавом свеклопункте – максимальному отделению примесей в поле, а также меньше травмировать корнеплоды на всех этапах до переработки.

Механические повреждения корнеплодов

В связи с неодинаковыми размерами и массой корнеплодов в рядах свекловичных посевов, различным расположением их головок относительно поверхности почвы наблюдается большее количество сильно механически повреждённых корнеплодов, много оторванных кусков свёклы, хвостиков и боя. При транспортировке к мойке такой свёклы резко увеличиваются потери сахарозы в транспортёрно-моечной воде, значительно возрастают потери с отходами нетоварной свекломассы [3, 5, 6, 10, 11, 15, 25, 28, 30].

Повышение на каждый 1 % механически сильно повреждённых корнеплодов приводит при хранении к росту среднесуточных потерь сахара на 0,001 %, увеличению гнилой массы на 0,3 %. Потери сахара при хранении свёклы,

убранной механизированным способом, выше на 40 %, чем убранный традиционным способом. Наибольшее количество сильно повреждённых корнеплодов (20–30 %) поступает на сахарные заводы при перевалочном способе уборки с применением отечественной корнеуборочной машины КС-6 и погрузчика-очистителя СПС 4,2. При хранении такой свёклы в заводских кагатах среднесуточные потери массы превышали нормативные на 70 %, сахара – на 65 % [3, 5].

При хранении свёклы с содержанием сильно повреждённых корнеплодов 17,0–21,0 % в производственных кагатах сахарного завода среднесуточные потери сахара были выше нормативных, рассчитанных для свёклы с 12 % сильно механически повреждённых корнеплодов, при краткосрочном хранении – в 3,3 раза, при средних сроках хранения – в 1,8 раза, при длительном – в 1,4 раза [3].

Переработка корнеплодов свёклы с сильными механическими повреждениями, наличием обломков свекломассы, а также свёклы с большим количеством сорняков сопровождается значительным снижением качества свекловичной стружки, количество брака в ней составляет 18–20 % и более, что приводит к пробкованию стружки на диффузии, снижению производительности и повышенным потерям сахара [12].

Корнеплоды с механическими повреждениями при хранении в кагатах быстрее загнивают. 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» [13].

Превышение на каждый процент количества сильно механически повреждённых корнеплодов при хранении свёклы вызывает

увеличение количества гнилой массы на 0,3 %. При переработке свёклы перевалочного способа уборки чистота диффузионного сока и сиропа были на 1,0–1,3 % ниже, чем для свёклы поточного способа уборки [3, 5, 28, 30].

С целью снижения потерь массы на кагатном поле надо следить за тем, чтобы корнеплоды не рассыпались и не раздавливались, своевременно подбирать их из-под кагатоукладочных машин, осуществлять просеивание земли после кагатоукладочных машин через установку Ш1-ПУХ, отделённую свекловичную массу направлять непосредственно в переработку. Количество отделённой от земли из-под кагатоукладчика и возвращённой в переработку свёклы за сезон составляет 0,6–0,7 % к массе свёклы. Если обломки корнеплодов и хвостики попадают в кагат, то при хранении они мумифицируются или разлагаются под действием микроорганизмов, образуя гнилую ткань, которая инфицирует технологические продукты, особенно в отделении сокодобывания [3, 9–13, 15, 17, 25, 29].

Зелёная масса. При допустимом в соответствии с ГОСТ 33884-2016 содержании до 3 % зелёной массы в отдельных партиях количество сорняков и ботвы составляет 8–10 %, что приводит к ухудшению хранения свёклы в кагатах в результате образования очагов самосогревания, а также снижению чистоты продуктов переработки. Если свёкла хранится с содержанием 4 % ботвы, количество проросших корнеплодов возрастает на 25 %, среднесуточные потери увеличиваются на 0,012 %. При увеличении количества зелёной массы с 1,9 до 5,5 % чистота диффузионного сока снижается на 4,2 %, сока 2-й сатурации – на 3,9 %, эффект очистки сока – с 36,2 до 30 %. Для очистки такого диффузионного сока требуется повышенный расход извести. Следует помнить, что каждые 3 % зелёной

массы снижают выход сахара на 0,3 % [16].

Именно поэтому агрономам-технологам необходимо уделять внимание подготовке полей к уборке корнеплодов, работе ботвоуборочных машин, зачистке головок от ботвы.

Временной интервал между копкой и вывозом свёклы с полей

Длительное нахождение выкопанных корнеплодов в малых кучах и валках приводит к потерям урожая за трое суток – 4,4 %; за пять – 6,1 %; за 10 – 11,5 %, за 15 суток – 17,9 %; снижение сахаристости за 9–15 суток хранения происходит на 1,8–2,1 % [9].

Увядание. Отрицательное влияние на протекание процессов жизнедеятельности корнеплодов, их физиологическое состояние, химический состав, технологические показатели и устойчивость к поражению микроорганизмами оказывает увядание. По исследованиям УкрНИИСП [24, 26], при потерях массы в процессе увядания на 10 % снижение содержания сахара в сухих веществах составляет 1,1 % (абс.), а на 20 % – 3,0 %; количество редуцирующих веществ возросло соответственно на 10 и 25 % (отн.) по сравнению с первоначальным их содержанием. При увядании, сопровождающемся потерей корнеплодами 10 % массы, увеличивается содержание сахара в мелассе на 0,06 %, снижается на 0,04 % к массе свёклы выход сахара и на 1,2–2,0 % чистота очищенного сока. При 20 % увядания эти показатели составляют соответственно 0,26; 1,7; 2,8–4,5 %. Увядание на каждые 5 % обуславливает снижение коэффициента диффузии сахарозы на 10 % и вызывает дополнительные потери сахара в жоме на 0,1 % к массе свёклы [8]. Свёкла, увядшая на 13–17 %, теряет сахара при хранении в 5 раз больше, чем тургорная, а количество корнеплодов, поражённых кагатной

гнилью, достигает 60 % [20]. Увядание корней и потеря ими влаги вызывают усиление дыхания, увеличение потерь сахара и ослабление устойчивости. В увядшей ткани плесневые грибы не испытывают недостатка в кислороде, а продвижение гиф облегчается. Такие экземпляры поражаются кагатной гнилью в 3–4 раза сильнее, чем корнеплоды с нормальным тургором [19].

Вредоносность процесса увядания свёклы не допускает нахождения корнеплодов в небольших неукрытых кучах на поле при уборке, особенно в раннеосенний период. Свекловичные корнеплоды, длительно находившиеся в полевых кагатах, хранению в заводских кагатах не подлежат, а должны направляться сразу в переработку.

Подмораживание корнеплодов.

Опасность подмораживания в том, что оно может происходить на корню при запаздывании уборки свёклы и наступлении ранних заморозков, во время хранения свёклы в полевых кучах, а также в кагатах. Фитопатологическое обследование хранящихся кагатов показывает, что их верхний слой содержит 18,8 % корнеплодов, поражённых слизистым бактериозом за счёт подмораживания их при хранении. Внутри кагата находится 3,1 % корнеплодов, поражённых слизистым бактериозом вследствие подмораживания в поле во время осенних заморозков при нахождении в неукрытых полевых кучах и кагатах [4, 9, 22].

Ткани, поражённые морозом ниже -7°C , при оттаивании заселяются бактериями и разлагаются ими в результате их жизнедеятельности. В свёкле, поражённой слизистым бактериозом, на четвёртый день в 50 раз увеличивается количество редуцирующих веществ, теряется 50 % сахарозы, на шесть единиц снижается чистота свекловичного сока. На 10-й день потери сахарозы составляют 75 % от

исходной, в 50 раз увеличивается содержание редуцирующих веществ, чистота свекловичного сока снижается до 42 %, сырьё становится непригодным для переработки с целью получения сахара [22].

При хранении корнеплодов, поражённых слизистым бактериозом, при $t = 3^{\circ}\text{C}$ величина рН клеточного сока снижается медленно и через 5 суток составляет 5,8; при $t = 8^{\circ}\text{C}$ рН снижается быстро и через 3 суток уже равно 4,5; через 5 суток – 4. При 3°C количество микроорганизмов в поражённой ткани в 10 раз больше, чем в здоровой; при 8°C ткань содержит 200 млн микроорганизмов, при 13°C – 300 млн. В частности, бактерии *Leuconostok mesenteroides* размножаются в следующей кратности: за 4 часа – 5–6, за 8 часов – 50–53; за 12 – 287–467; за 16 – 475–967; за 20 часов – 550–1200; за 24 часа – 562–1267 [4, 22]. Поэтому подмороженная свёкла не должна храниться, её следует перерабатывать немедленно [4, 22].

Исследованиями ВНИИСП было установлено, что разница поляризации фильтрата водной дигестии и спиртовой экстракции равняется примерно трёхкратному содержанию декстрана в свёкле при соковом коэффициенте 90 ± 1 % [22].

В свёкле нормального качества содержание сахаридов незначительно: 0–0,004 % декстрана, 0–0,009 % левана. В такой свёкле разница сахаристости, определённая методом водной дигестии и газо-жидкостной хроматограммы, составляет 0,2–0,3 %.

Содержание полисахаридов повышается при переработке свёклы, поражённой слизистым бактериозом, и составляет 0,15–4,6 % к массе свёклы. Разница дигестий в такой свёкле, определённой разными методами, достигает 1–7,6 %. Содержание сахарозы в свёкле может упасть до 5 %, а редуцирующих веществ – повыситься до 4–10 %. Величина рН нормального сока

может быть 3,9, а электропроводность такой ткани больше в 30 раз, чем в нормальной свёкле.

Полисахариды хорошо растворяются в воде, поэтому варианты работы мало влияют на переход декстрана в диффузионный сок. На диффузии при переработке свёклы, поражённой слизистым бактериозом, уменьшают температуру, длительность диффузирования, работают с низким значением рН (5,5–5,8), повышают дозирование формалина до 30 кг на 100 т свёклы. В диффузионном соке, кроме декстрана и левана, содержится много молочной кислоты, продуцируемой кислотобразующими микроорганизмами из фруктозы (в случае образования декстрана) или глюкозы (в случае образования левана).

При переработке свёклы, содержащей полисахариды, лучшие результаты достигаются при работе без добавления извести на предварительной дефекации (рН < 10).

Принимая во внимание сложность определения содержания полисахаридов в соках, необходимо помнить следующее:

- если слизистых корнеплодов меньше 10 % в общей массе, переработка свёклы на сахар возможна, если 10–20 % – необходимы особые приёмы технологии, например применение декстраназы или гипохлоритов;

- при > 24 % слизистых корнеплодов в общей массе переработка на сахар невозможна. Сахар также невозможно получить, если общее количество повреждённой ткани (грибами, слизеобразующими бактериями), почерневшей в результате подмораживания и оттаивания > 18 %, редуцирующих веществ > 1 % к массе свёклы, рН сока < 5,5, чистота клеточного сока < 75 % [4, 22].

Эффективность переработки свёклы, повреждённой слизистым бактериозом, можно повысить путём добавления в диффузионный сок фермента декстраназы,

которая разрывает гигантскую молекулу декстрана.

Необходимая доза декстраназы зависит от молекулярной массы декстрана, длительности контакта декстраназы с соком, концентрации декстрана, температуры сока и концентрации сахарозы. Оптимальные условия её применения: добавление в диффузионный сок с температурой 45–52 °С, рН 5,0–6,0, дозирование от 1 : 40 до 1 : 100 к содержанию декстрана в соке, что составляет от 90 до 225 кг в сутки на заводе производительностью 3 тыс. т [1]. При добавлении декстраназы в диффузионный сок возможны затруднения при фильтрации сока 2-й сатурации. Известковать сок перед 2-й сатурацией в таком случае не надо. В Польше добавление декстраназы сравнивалось с добавлением гипохлорита натрия (NaOCl) в количестве 0,5–1,8 % к массе сока. Самые лучшие результаты получены при работе по схеме с удалением осадка до основной дефекации. NaOCl рекомендуется вводить до предварительной дефекации. При этом эффект очистки сока возрос с 22 до 30 %, F_k снизился с 16,2 до 7,5, скорость оттаивания стала 4,67 см/мин против 2,55 без добавления NaOCl. Аналогичный эффект наблюдался также при добавлении хлорной извести.

Исходя из свойств декстрана, при переработке подмороженной свёклы в мировой практике, кроме указанных выше, применяют следующие приёмы: работа по схеме с предсатурацией или по схеме Дорра, резкое повышение расхода извести, разбавление диффузионного сока водой. Эффект удаления декстрана составляет 50–80 %.

Вредное влияние неудалённого декстрана на технологический процесс и готовую продукцию:

- возможное образование мути в растворах сахара, безалкогольных напитках, ликёрах;

- повышение вязкости, уменьшение скорости кристаллизации

ульфелей, образование друз в случае, если содержание декстрана в сахаре выше 500 мг/кг, ухудшение однородности кристаллов;

- затруднения при пробеливании сахара;

- опасность порчи сахара при хранении из-за гигроскопичности декстрана.

Полисахариды могут образовываться в разных местах завода под воздействием вышеупомянутых микроорганизмов, появляется так называемый клёк. Чаще всего он образуется в отдельных местах при антисанитарных условиях, при наличии сквозняков в свеклоперерабатывающем отделении (на элеваторе, мезголовушках), может появиться в аппарате предварительной дефекации корытного типа, в клеровочных котлах, пылеулавливателях сушки и пр.

Имел место случай, когда в сахаре были обнаружены сторонние примеси в виде желатиноподобных образований. Причиной этого стало развитие клёка в пылеулавливателе, в клеровочном котле на сушке, откуда он попал в сборник сока перед выпаркой: в нём были замечены гранулы жёлтого цвета диаметром 1–3 мм. Благодаря наличию оболочки микробы типа *Leuconosnoc* выдержали режим выпаривания первых корпусов выпарки, пребывали в подавленном состоянии. Затем наблюдалось повторное инфицирование, об этом свидетельствовало наличие большого количества *Leuconosnoc* в концентрате выпарки, в каплеулавливателе, в продуктах кристаллизационного отделения.

В утфеле I продукта остаётся 18–30 % декстрана, который увеличивает вязкость. При наличии декстрана кристаллы сахара удлиняются. Сахар с повышенным содержанием декстрана непригоден для использования в ряде пищевых производств. Его употребление иногда провоцировало аллергические реакции [4, 22].

ВНИИСПом разработаны следующие критерии пригодности к переработке на сахар сырья с наличием поражённых бактериозом корнеплодов.

Показатели	Величина параметра
Общее количество гнилой и повреждённой морозом массы (в том числе поражённой слизистым бактериозом менее 5 %), к массе свёклы	Менее 18
Содержание редуцирующих веществ, % к массе свёклы	Менее 1,0
pH свекловичного сока, ед	Более 5,5
Чистота свекловичного сока, %	Более 75,0

Такое сырьё должно перерабатываться путём добавления свёклы хорошего качества, чтобы обеспечить выполнение вышеуказанных критериев. При переработке подмороженной и оттаявшей свёклы, в зависимости от степени её поражения бактериозом, белый сахар может быть получен из клеровки желтого сахара II продукта, который уваривают из сиропа.

На рис. 1–4 показаны экспериментальные данные влияния свекловичной массы, поражённой слизистым бактериозом, на технологические показатели такой свёклы: чистоту свекловичного сока (рис. 1), количество коллоидов в соке в зависимости от степени поражения свёклы слизистым бактериозом (рис. 2), содержание солей Са в очищенном соке (рис. 3), изменение цветности очищенного сока по отношению к контролю (рис. 4).

Кагатная гниль корнеплодов

Образование гнили на корнеплодах сахарной свёклы зависит от их природной устойчивости, физического состояния, особенно увядания и подмораживания, условий и длительности хранения.

Природная устойчивость микро-организма к поражению зависит от условий выращивания и наследственных генетически обусловленных факторов. Физическое состояние корнеплодов зависит от способа и качества уборки, количества перевадок, перегрузок, наносящих повреждение корнеплодам, а также потери корнеплодами влаги (увядание) и обводнения тканей (подмораживание). Вредоносность гниения корнеплодов в кагатах заключается в том, что, кроме прямых потерь массы, гнилая ткань, являющаяся продуктом жизнедеятельности микроорганизмов, не содержит сахарозы и в ней есть вещества, которые осложняют технологический процесс [23, 26, 27].

Загнившие корнеплоды содержат в 17 раз больше редуцирующих веществ, а в подмороженной и оттаявшей свёкле их в 3 раза больше, чем в неподмороженной [4, 23].

При переработке свёклы с загнившими корнеплодами, а также с подмороженными и оттаявшими, на диффузии наблюдается усиление активности ферментов, больше соответственно в 9 и 14 раз, чем при работе со здоровой свёклой [22, 24].

По нашим данным, каждый процент гнилой ткани вызывает снижение чистоты очищенного сока на 0,7 %, выхода сахарозы в среднем на 0,3 % (с колебаниями от 0,14 до 0,5 %), повышения содержания сахарозы в мелассе на 0,1 % к массе свёклы. Расход сырья на единицу

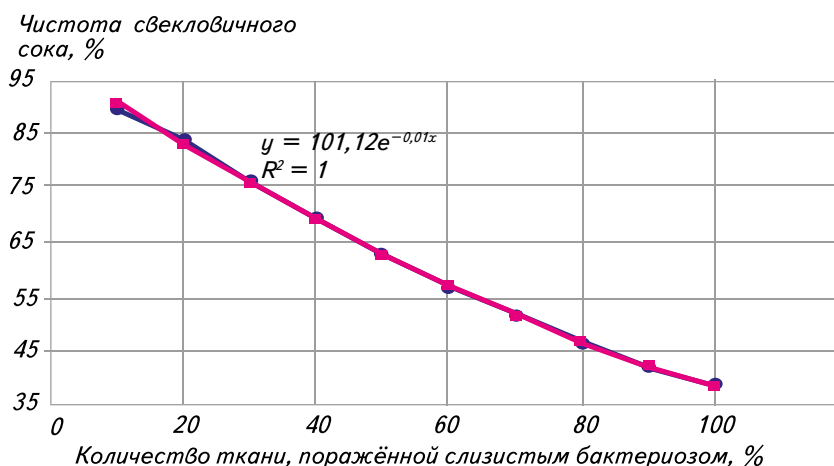


Рис. 1. Изменение чистоты свекловичного сока при поражении тканей корнеплода слизистым бактериозом



Рис. 2. Содержание коллоидов в свёкле, поражённой слизистым бактериозом

готовой продукции увеличивается на 2–3 %, при значительном содержании гнилой массы (больше 16 %) в пробе этот показатель повышается на 5–6 % [23].

При переработке загнившей свёклы затрудняется резка корнеплодов, нарушаются процессы диффузии, усиливается пенообразование, замедляется кристаллизация [25, 26, 28]. В гнилой ткани поражённого корнеплода сахаро-

зы не обнаружено, а содержание редуцирующих веществ и растворимой кондуктометрической золы соответственно в 17 и 2 раза больше, чем в здоровой свёкле.

Каждый процент гнили при переработке вызывает:

- снижение сахаристости на 0,2 %;
- повышение содержания редуцирующих веществ на 0,04–0,97 %;

- увеличение общего содержания кислот в диффузионном соке на 0,07 ммоль/100 г сока;

- снижение натуральной щёлочности на 0,017 % CaO и чистоты очищенного сока на 1,0 %;

- нарастание цветности на 15,8 ед. ICUMSA;

- снижение выхода сахара на 0,27–0,3 %;

- повышение содержания сахара в мелассе на 0,08–1,1 %;

- увеличение расхода сырья на получение 1 т сахара на 0,35 %.

Для свёклы с содержанием гнилой массы 10 % скорость кристаллизации сахарозы снижается в 4 раза; цветность сахара не удовлетворяет требованиям ГОСТ 33222:2015, а при содержании 20 % гнилой массы скорость кристаллизации сахарозы снижается в 27 раз и уже не представляется практически возможным извлечь сахарозу, имеющуюся в растворе [23]. Поэтому такая свёкла должна перерабатываться только с добавлением свежего сырья, чтобы обеспечить нормальное протекание процессов экстрагирования, очистки, фильтрации и кристаллизации сахарозы.

Подача свёклы на переработку

Исследователями Рейнского университета установлено, что при гидротранспортировании (в течение 18 минут) неповреждённой свёклы и корнеплодов с незначительными повреждениями потери сахарозы составляют 0,08 %, корнеплоды со средними повреждениями теряли сахарозы за это же время 0,12 %, битая свёкла – 0,25 % к массе свёклы [31–33]. Если при разгрузке хранившейся свёклы высота падения корнеплодов увеличивается с 1 до 6 м с последующим гидротранспортированием в течение 18 минут, потери сахарозы в транспортёрно-моечной воде возрастают с 0,029 до 0,269 %, т. е. в 9,7 раза. При транспортировании хранившейся свёклы, поданной в гидротранспортёр при помощи

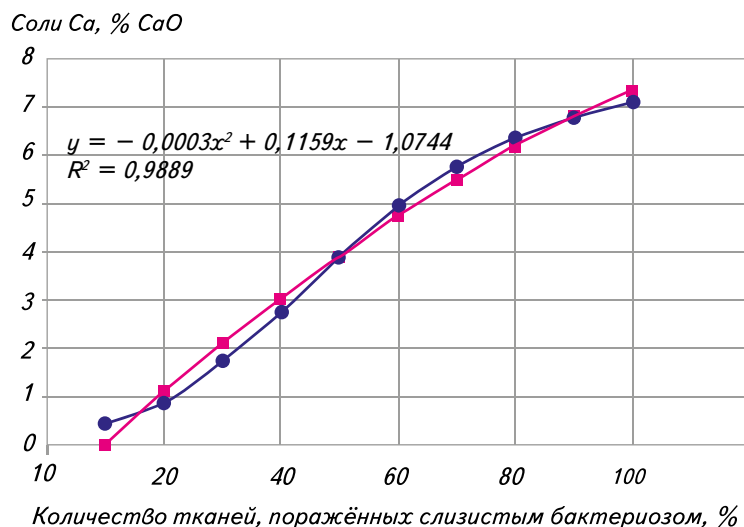


Рис. 3. Увеличение содержания солей Са в соках при переработке свёклы, поражённой слизистым бактериозом

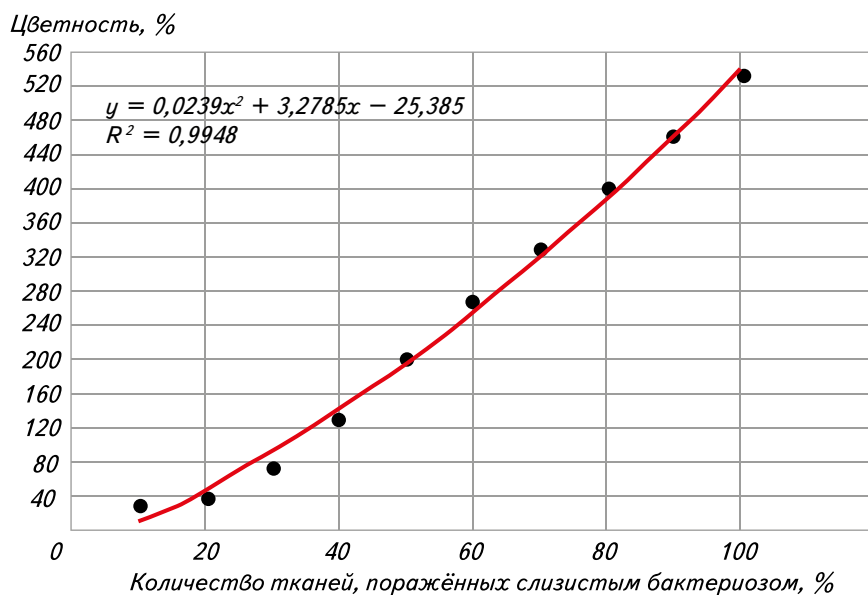


Рис. 4. Изменение цветности очищенного сока при переработке свёклы, поражённой слизистым бактериозом

погрузчика и экскаватора, потери сахарозы возрастают в 2–3 раза по сравнению с потерями слабоповреждённой и неповреждённой свёклы.

Исследования этих же авторов [31, 33] показали, что если свежая свёкла при гидротранспортировании теряет 0,08 % сахарозы к массе свёклы, то после двухсуточного хранения потери снижаются в 2,7 раза и составляют 0,03 % к массе свёклы, однако снижения общих потерь в этом случае не происходит, так как среднесуточные потери сахарозы при хранении в первые сутки после уборки составляют 0,05 % к массе свёклы. Ими также было установлено, что вымытая в процессе гидротранспортирования свёкла сахароза разлагается на составные части с образованием молочной кислоты, летучих и нелетучих кислот в соотношении приблизительно 1 : 0,84 : 2,88, что свидетельствует о трудности контроля потерь сахарозы на этом участке.

Высокая степень загрязнённости свёклы почвой, связанной и свободной ботвой, растительными примесями, большое количество сильно повреждённых корнеплодов и боя свёклы, появление плавающих корнеплодов требуют особого внимания к участку транспортирования свёклы и её мойки, чтобы обеспечить получение чистых корнеплодов при максимальном удалении земли и примесей. Это позволит уменьшить количество балласта, поступающего со свёклой на свеклорезки, улучшить качество стружки, сократить процент брака.

Применение новейших технологий

Внедрение усовершенствованных моечных комплексов позволит уловить всю товарную свекломассу и вернуть её в производство. Удаление зелёной массы и растительных примесей даст возможность повысить чистоту диффузионного сока, уменьшить

расход извести на очистку, снизить содержание сахара в мелассе и повысить выход и качество готовой продукции [28].

Учитывая, что на участке гидротранспортирования, подачи и мойки свёклы в отдельные периоды теряется от 2 до 6 % массы и 1–1,5 % сахара, нам представляется важным при реконструкции предприятий с повышением их производительности рассматривать современную концепцию технического переоснащения этого участка. Для снижения потерь массы и сахара на участке гидротранспортирования и мойки свёклы целесообразным является внедрение в производственные технологические схемы разных вариантов так называемой сухой подачи свёклы, на которые перешли многие сахарные заводы Западной Европы. Особенностью работы таких схем является исключение подачи свекловодяной смеси свекловичными насосами. Это позволит значительно снизить повреждение корнеплодов, уменьшить количество боя свёклы и потери сахара в транспортёрно-моечной воде. Окупаемость таких комплексов – один-полтора сезона.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. Для производственных посевов свёклы следует использовать семена гибридов преимущественно отечественной селекции и тех сортов и гибридов, которые более устойчивы к поражению фитопатогенными микроорганизмами.

2. Для снижения повреждения корнеплодов сахарной свёклы корневыми гнилями в процессе вегетации необходимо строго выдерживать севообороты, а также осуществлять обработку кислых почв с помощью фильтративного осадка, выводимого из свеклосахарного производства.

3. Следует осуществлять предуборочное обследование свекловичных посевов, чтобы распре-

делить поля по срокам уборки, хранения и переработки корнеплодов в зависимости от степени их технологической спелости и поражения растений болезнями и вредителями.

4. С целью снижения подвяливания корнеплодов в раннеосенний период не допускать длительного нахождения свёклы в небольших валках и кучах в поле, особенно при перевалочном способе уборки.

5. Не допускать подмораживания свёклы в поле и корнеплодов, уложенных в кагаты, укрывая кагаты специальными укрывочными материалами. Подмороженные корнеплоды, поступающие с полей, перерабатывать сразу без хранения.

6. Для снижения потерь массы и сахара на тракте подачи целесообразно внедрять в производство «сухую» подачу корнеплодов на переработку, без использования свеклонасоса, уделять внимание схеме очистки сахарной свёклы от примесей и возврату в производство товарной свекломассы.

Список литературы

1. Бенада, Я. Болезни и вредители 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.] – М. : ЦНИИТЭИПП, 1983. – Вып. 6. – 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.
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. Горбунов, Н.Н. Основы хранения сахарной свёклы. – М. : ЦНИИТЭИПП, 1974. – 25 с.
7. ГОСТ 33884-2016. Сахарная свёкла. Технические условия. – 2016.
8. Князев, В.А. Прогрессивная технология приёмки и хранения свёклы. – М. : Пищевая промышленность, 1989. – 319 с.
9. Роїк, М.В. Буряки / М.В. Роїк. – ХХІ вік, 2001. – 320 с.
10. Кузнецова, Л.А. Способ очистки свёклы активированными грохотами / Л.А. Кузнецова // Сахарная промышленность. – 1980. – № 6. – С. 31–39.
11. Кузнецова, Л.А. Фракционный состав сахарной свёклы / Л.А. Кузнецова, И.А. Марочко // Сахарная промышленность. – 1973. – № 7. – С. 51–54.
12. Источники и величины потерь сахара при хранении и переработке свёклы / А.Л. Шойхет [и др.] // Сахарная свёкла: производство и переработка. – 1989. – № 1.
13. Опарин, А.И. Физиологическое исследование кагатных микроорганизмов / А.И. Опарин, О.И. Купленская // Хранение сахарной свёклы. – Киев : УНИС, 1931. – С. 17–41.
14. Опыт уборки, хранения и переработки свёклы с повышенным содержанием цветущих корней / Л.Г. Белостоцкий [и др.]. – Киев : ВНИИСП, 1974. – 36 с.
15. Опыт эксплуатации новых буртоукладочных машин и оборудования для очистки свёклы. Вып. 8. – М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1989. – 56 с.
16. Панфёрова, Е.В. Влияние состояния земли и зелёной массы на качество свёклы при хранении // Сахарная промышленность. – 1968. – № 2. – С. 46–49.
17. Повышение эффективности сахарного производства за счёт снижения потерь сахара. Вып. 3 / Л.И. Чернявская [и др.]. – М. : АгроНИИТЭИПП, 1992. – 45 с.
18. Роїк, М.В. Хвороби коренеплодів цукрових буряків / М.В. Роїк, А.К. Нурмухаммедов, А.С. Корнієнко. – Киев : ТОВ Поліграфконсалтинг, 2004. – 224 с.
19. Рубин, Б.А. Хранение сахарной свёклы / Б.А. Рубин. – М. : Пищепромиздат, 1946. – С. 61.
20. Саблук, В.Т. Шкідники сходів цукрових буряків / В.Т. Саблук. – Киев : Світ, 2002. – 184 с.
21. Свекловодство / Под ред. В.Ф. Зубенко. – Киев : «Альфа-стевия» ЛТД. – 2005. – 400 с.
22. Слизистый бактериоз сахарной свёклы. Вып. 3 / В.А. Князев, М.Л. Пельц, И.Р. Сапожникова. – М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1982. – 20 с.
23. 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.
24. 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.
25. Технологічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру / В.М. Мількевич [та ін.]. – Киев : Укрсоціоцентр, 2000. – 132 с.
26. Формирование комплекса возбудителей кагатной гнили сахарной свёклы / О.И. Стогниенко, А.И. Воронцов // Сахарная свёкла. – 2015. – № 7. – С. 34–38.
27. Хелемский, М.З. Технологические качества сахарной свёклы. Ч. 2 / М.З. Хелемский. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 251 с.
28. Хелемский, М.З. Хранение сахарной свёклы / М.З. Хелемский. – М. : Пищевая промышленность, 1964. – С. 112.
29. Чернявская, Л.И. Сахарная свёкла. Проблемы повышения технологических качеств и эффективности переработки / Л.И. Чернявская, Ю.С. Ионицей, В.Н. Кухар. – Киев : Укрфитосоциоцентр, 2003. – 308 с.
30. Шпаар, Д. Сахарная свёкла / Д. Шпаар. – М. : АМА-ПРЕСС, 2012. – 314 с.
31. Malec, J. Wpływ mechanizacja zbioru burakow cukrowych na jakosc surowca I jego przydatnosc do przechowywania / J. Malec // Gazeta Cukrov. – 1980. – № 2. – С. 43–44.
32. Selection de la betterave sucriere pour uno reduction des pertes en sucre pendant la periode de stochage. – Scientific Agrsculture. – Rennes. – 1983. – № 3. – Pp. 1–7.
33. Walerianchyk, F. Niektore Czynniki obnizajace wydajnos cukru z burakow / F. Walerianchyk // Gazeta Cukrovniza. – 1979. – № 5. – С. 104–106.
34. Uhlenbrok, Y.W. Zuckerferluste Schwemmwasser und ihre analytische erfassung / Y.W. Uhlenbrok // Zucker. – 1972. – № 2. – S. 771–773.

Аннотация. Выполнен анализ факторов, влияющих на технологические качества сахарной свёклы и эффективность её переработки, даны рекомендации по улучшению качества сырья при выращивании и уменьшению потерь сахара при хранении.

Ключевые слова: загрязнённость, зелёная масса, дуплистость, увядание, корневая и кагатная гнили, подмораживание, бактериоз, переработка свёклы.

Summary. The analysis of factors affecting the technological quality of sugar beets and the efficiency of its processing is carried out, recommendations are given on improving the quality of raw materials during cultivation and reducing sugar losses during storage.

Keywords: pollution, green mass, hollow, wilting, root and leaf rot, freezing, bacteriosis, beet processing.