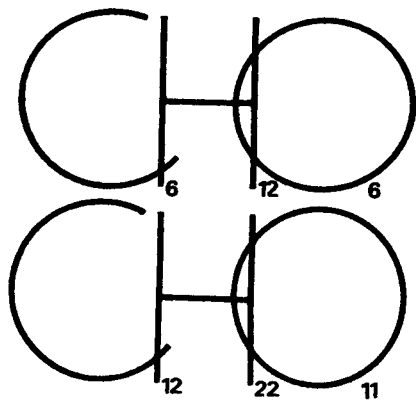


В.В. Петрушевский  
Е.Г. Бондарь  
Е.В. Винокурова

# ПРОИЗВОДСТВО САХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ



Рецензенты: доктор химических наук В. В. Манк, кандидат технических наук Л. Г. Белостоцкий

Петрушевский В. В. и др.

ПЗ1 Производство сахаристых веществ / В. В. Петрушевский, Е. Г. Бондарь, Е. В. Винокурова — К.: Урожай, 1989. — 168 с. — ISBN 5-337-00407-7

Освещены вопросы производства и применения новых видов сахаропродуктов, являющихся заменителями сахарозы в пищевых продуктах: глюкозы, мальтозы, галактозы, сладких продуктов с биологически полезными веществами. Особое внимание уделено сахаропродуктам типа фруктозы, глюкозно-фруктозным растворам, продуктам из фруктово-ягодного сырья.

Книга рассчитана на ИТР.

4001060000—155  
П ————— 140—89  
М204(04)—89

ББК 36.84

ISBN-337-00407-7

© Издательство «Урожай», 1989

Углеводное питание занимает важное место в жизни человека. Превращаясь в молочную кислоту, углеводы дают клетке необходимую энергию (1 г углеводов дает 16,74 кДж). Углеводы выполняют детоксирующую (барьерную) функцию, заключающуюся в образовании глюкуроновой кислоты, которая, соединяясь с ксенобиотиками и их метаболитами, дает нетоксичные и легко выводимые из организма вещества. Углеводы снижают накопление в организме кетоновых тел, входят в состав нуклеиновых кислот, регулируют жировой обмен, уменьшают количество потребляемого белка.

Суточная потребность в углеводах составляет для мужчин 380—500 г, для женщин — 320—400 г. Они обеспечивают около 60 % энергетической потребности человека. Содержание очищенных сахаристых веществ в суточном рационе человека не должно превышать 60—75 г. На 1 г потребляемых белков или жиров должно приходиться 3,5—4,5 г углеводов.

Решение задачи обеспечения населения сбалансированными продуктами питания зависит от ряда факторов: заинтересованности членов общества, их организованности, трудолюбия и производительности труда, состояния сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, энерговооруженности и уровня развития науки.

Знание сырьевых ресурсов, промышленных действующих и перспективных технологий производства наиболее важных для человека углеводов (крахмала, сахарозы, глюкозы, фруктозы, мальтозы и др.), их свойств помогут более успешно решать проблемы углеводного питания.

В ряде зарубежных стран за последние годы значительными темпами развивается производство пищевых заменителей сахара — глюкозно-фруктозных сиропов из крахмала. К 1995 г. в нашей стране планируется довести объем производства глюкозно-фруктозных сиропов до 1,5—1,8 млн т в год.

В книге освещены вопросы, связанные с производством наиболее важных для человека сахаристых веществ, их свойствами, применением, описаны технологии получения новых видов углеводной пищи на основе фруктов, ягод, сорго и др.

# **СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ**

## **САХАРОЗОСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ**

### **Сахарная свекла**

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 гг. и на период до 2000 г. предусмотрено довести в 1990 г. валовой сбор сахарной свеклы до 92—95 млн. т и выработать из нее 10—11 млн т сахара.

**Технологическая характеристика.** Корнеплод сахарной свеклы имеет коническую форму, закрепляет растение в почве, получает питательные вещества и влагу из нее и участвует в гормональном регулировании роста. Он состоит из головки, шейки, собственно корня и хвостика. Для промышленной переработки отбирают здоровые, упругие, не подвяленные корнеплоды, которые имеют высокую сахаристость и спелость, низкую загрязненность. Ветвистость, дуплистость, бугристость, скрученность, многоголовчатость, уменьшают урожайность и сахаристость свеклы.

Спелость сахарной свеклы бывает ботаническая (на втором году развития), биологическая (при естественном отмирании листьев) и техническая (достижение наибольшей сахаристости).

**Химический состав.** К началу уборки свеклы (массовая «копка» в сентябре) масса листьев составляет 35—50 % к массе корнеплодов. Ботва свеклы содержит до 85 % сухих веществ. В 45 кг ботвы имеется 3—4 кг легкоусвояемого сырого протеина и 28—30 кг других усвояемых питательных веществ. Масса корнеплода составляет 350—460 г и больше. Состав корнеплодов и листьев свеклы (3) приведен в табл. 1.

Содержание сухих веществ в корнеплоде сахарной свеклы составляет 20—25 %, сахарозы — 14—18, органических растворимых несахаров — 2,2, нерастворимых до 5 %. По данным ВНИИСП, химический состав отдельных частей свекловичного корнеплода удовлетворительного технологического качества показан в табл. 2.

Отжатый сок имел при этом доброкачественность: из корня без верхушки — 88,9 %, из верхушки головки — 36,3 и хвостика — 80,5 %.

В свекле пониженного качества (цветушной и др.) масса головки увеличивается от 8—10 до 20—22 %, уменьшается содержание сахарозы на 2—4 %, увеличивается со-

## **1. Состав корнеплодов и листьев свеклы**

Компоненты	На 100 г натурального продукта, г		На 100 г сухого вещества, г	
	корень	листья	корень	листья
Сухие вещества	23,6	13,85	100	100
Сахароза	16,5	—	69,91	—
Сырой протеин	1,05	2,41	4,45	17,4
Сырой жир	0,12	0,19	0,51	1,37
Сырая клетчатка	1,16	0,78	4,91	5,63
Безазотистые экстрактивные вещества (кроме сахарозы)	2,92	6,88	12,37	49,67
Зола	0,75	2,75	3,18	19,85

## **2. Химический состав корнеплодов**

Части корнеплода	Содержание компонентов, % к массе свеклы				
	сахароза	общие несахара	редуцирующие вещества	азот растворимый	зола углекислая
Корень без верхушки	17,6	6,8	0,05	0,12	0,73
Верхушка головки с черешками листьев	2,2	19,4	1,21	0,26	3,92
Хвостик	14,7	11,13	0,31	0,11	1,52

держание редуцирующих веществ, небелкового азота, золы. Она содержит 4—5 % мякоти к массе, то есть той части свеклы, которая не растворяется в кипящей воде после экстрагирования сахарозы.

По Черни (1942) мякоть свеклы содержит ряд структурирующих веществ (табл. 3).

До 5 % воды удерживается коллоидными веществами клеток свеклы. Свекла содержит до 0,1 % инвертного сахара, 0,2—1 % рафинозы (к массе сахарозы), кестозу, до 0,4 % инозита (миоинозита) и 0,3 %  $\alpha$ -галактозида миоинозита, до 2,2 % пектиновых веществ (к массе свеклы).

Гемицеллюлоза выражена арабанами и галактанами, которые не удаляются при очистке соков и накапливаются в мелассе. Из органических кислот (0,27 % к массе свеклы) доказано присутствие адипиновой, глутаровой, малоновой, щавелевой,

## **3. Состав сахарной свеклы**

Вещества	Неодревесная	Одревеснелая
Целлюлоза	23,5	27,9
Лигнин	4,2	7,4
Пектин	31,1	20,7
Пентозаны	24,2	16,2

янтарной. Из оксикислот найдены гликолевая и молочная, оксидикарбоновых — яблочная и винная, окситрикарбоновых — лимонная. Содержание этих кислот в диффузионном соке колеблется от 170 до 1900 мг/л.

Из гликозидов в свекле преобладают сапонины (в основном в наружном слое) до 0,14 %. В диффузионный сок переходит до 40 % сапонинов. Одна десятая процента жира свеклы к массе сухих веществ состоит из олеиновой кислоты — 36,1 %, эруковой — 18,6, пальмитиновой — 8,7 %.

В свекле содержится от 0,15 до 0,2 % азота, или до 1 % и более азотистых веществ. Эти сахара при извлечении сахара переходят в раствор. Среди них обнаружены белки, главным образом глобулины и нуклеопротеиды. В чистом виде не получены. При высаливании в осадок переходит белково-пектиновый комплекс.

Белки свеклы имеют кислотные свойства (точка коагуляции при pH 3,5), содержат больше кислых аминокислот — глутаминовую, аспарагиновую и др. Они гидролизуют с образованием низкомолекулярных пептидов и аминокислот: аланин, валин, гликокол, лейцин, изолейцин, фенилаланин,  $\gamma$ -аминомасляная, тирозин, серин, треонин, цистин, метионин, пролин, триптофан, аспарагиновая, глутаминовая, гистидин.

Причем в большем количестве находятся аминокислоты: аланин, аспарагиновая, глутаминовая,  $\gamma$ -аминомасляная, лейцин, изолейцин, гликокол, валин.

В свекле обнаружены также азотистые основания — бетаин (до 0,3 %), холин в составе лецитина, пурины, пиримидины, соли аммония и нитриты; ароматические вещества — ацетамид, ванилин; витамины B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>4</sub> (1,0—2,4 мг/кг), пантотеновая, никотиновая, фолиевая кислоты и биотин (0,075 мг/кг).

Из минеральных сахаров (0,6 % золы) в составе золы в основном (7) обнаружено: K<sub>2</sub>O — 0,25 %, Na<sub>2</sub>O — 0,05, CaO — 0,08, MgO — 0,08, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,09, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> — 0,02, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,01, SiO<sub>2</sub> — 0,01, Cl<sup>-</sup> — 0,01 %. В свекле содержится 0,1 % фосфатов.

**Хранение свеклы.** Биологические и энергетические процессы, протекающие в свекле при хранении, снижают ее технологические качества. Некоторые из них (дыхание, прорастание, раневые реакции) усиливают при этом сопротивляемость вредным микроорганизмам.

В свекле найдено около 800 ферментов. Многие из них недостаточно изучены. Наиболее активными являются: сахарозосинтетаза, инвертаза, пектинэстераза, полигалак-

тураназа, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза (7). Активность ферментов изменяется в ходе роста и хранения свеклы. Она минимальна при 0 + 2 °C.

Собранная с поля в сентябре-октябре свекла начинает использовать для своей жизнедеятельности накопленные в ходе роста питательные вещества, особенно сахарозу. Происходит гидролитический ферментативный распад сахарозы на первой стадии до глюкозы и фруктозы и на конечной — до углекислого газа, воды или спирта (анаэробное дыхание).

В свекле появляются пептиды, аминокислоты, полигалактуроновые, уроновые кислоты, арабиноза, ксилоза и др. Различают аэробное (кислородное) и анаэробное (интрамолекулярное) дыхание сахарной свеклы. При дыхании выделяется влага и тепло. Грамм-молекула гексозы, израсходованная на дыхание, дает 2872 кДж тепла. На каждый грамм выделяемого диоксида углерода приходится 10,75 кДж тепла. При этом сырье самосогревается и усиленно портится. При анаэробном дыхании диоксида углерода выделяется меньше, поэтому расход сахара уменьшается.

В результате уменьшения кислорода до 4—5 % и ниже, и накопления диоксида углерода до 5 % и более в кагатах возникает анаэробное дыхание свеклы, особенно при температурах более +5 °C. При этом корнеплоды подвяливаются. Из 1 кг свеклы при +2 °C за один час выделяется 3,5 мл CO<sub>2</sub>, +20 °C — 14,7, +40 °C — 83,3 мл CO<sub>2</sub>.

Среднесуточные потери сахарозы увеличиваются на дыхание с ростом температуры. Так, потери сахарозы при 2 °C составляют 49 г/т сут., 10 °C — 89, 20 °C — 208, 30 °C — 486, 40 °C — 1225, 50 °C — 3043 г/т сут.

Минимальные потери сахарозы на дыхание получаются при +1, +2 °C и относительной влажности воздуха в кагате 93—95 %.

При потере корнеплодом 10 % и более воды наступают необратимые изменения клеточных структур. При этом поглощение кислорода уменьшается на 30 %, выделение диоксида углерода увеличивается в 4 раза, активность фермента инвертазы, расщепляющей сахарозу, возрастает в 5—7 раз. Потеря каждого процента влаги корнеплодом сопровождается суточными потерями сахарозы на 0,005—0,01 % к массе свеклы.

Корнеплоды в кагатах могут прорасти уже на 5—7-е сутки после уборки. Процессы дыхания усиливаются. Потери сахарозы могут составить 1,6 % и более к массе свеклы. Чтобы избежать прорастания свеклы, нужно удалять

верхушку головки, снижать температуру и влажность в кагатах активным вентилированием, обрабатывать корнеплоды перед укладкой в кагаты 1%-ным раствором натриевой соли гидразида малеиновой кислоты (ГМК — Na) в количестве 3—4 л на 1 т свеклы или 0,3%-ным раствором пирокатехина (3—4 л на 1 т свеклы), 18—20%-ным раствором углеаммиаката, препаратом ФХ-1.

При механических повреждениях свеклы наблюдается образование новых клеток, а затем опробкование поврежденной ткани за счет химического вещества суберина (суберинизация свеклы). Образование раневой перидермы наблюдается на 17—20-е сутки. Этому способствует определенная температура, влага, активное вентилирование, хорошее состояние корнеплодов.

Механические повреждения свеклы позволяют микроорганизмам быстро развиваться. Содержание гнили в невентилируемых кагатах быстро растет и составляет 20—30 % и более к массе клубней, что приводит к потере 3—7 % и более сахарозы. Основными вредителями при этом являются различные грибки. Микроорганизмы повышают температуру внутри кагатов до 45—50 °С. На подмороженных и оттаявших корнеплодах развиваются бактерии.

Обработка кагатов свеклы известковым молоком угнетает рост грибов и усиливает жизнедеятельность бактерий. Загрязнение свеклы зеленой массой и землей приводит к ухудшению хранимости свеклы.

При механизированной уборке загрязненность корнеплодов достигает 8—20 %. Зеленая масса усиливает самосогревание внутри кагата и порчу свеклы, а при переработке снижает доброкачественность сока. Только по Украинской ССР с полей ежегодно вместе со свеклой вывозят 5—7 млн т земли (2), на что затрачивается бесцельно много транспорта и труда при погрузке и очистке.

Подмороженная свекла непригодна для хранения и должна перерабатываться сразу же, так как в клетках происходит плазмолиз и они теряют способность дышать. Свежевыкопанная свекла промерзает при —1,5, —2 °С очень быстро. При —6 °С промерзает 30—40 % свеклы и кристаллизуется до 60 % воды. Эта температура близка к порогу гибели клеток.

Оптимальные условия хранения сахарной свеклы: температура —0+4 °С, относительная влажность воздуха в кагате 90—95 %, содержание диоксида углерода — 0,18—0,20, кислорода — 18—20 %. Когда температура воздуха высокая, то необходимо 2—3 раза в день кагаты опрыскивать водой (0,7 л/м<sup>2</sup>·ч) и повторно белить известью. Иногда

кагаты укрывают камышовыми или соломенными матами, затемняют насаждениями.

Кагаты укрывают полиэтиленом, рулонными панелями из полиэтилена и антисептированного ватина, перфорированной пленкой, теплоизоляционными материалами, например, карбамидоформальдегидным пенопластом (КФ-пенопласт). КФ-пенопласты, по данным ВНИИСП, хорошо предохраняют свеклу от подмораживания, в 6,5 раза дешевле камышовых мат, ими легче накрывать кагаты.

Принудительное вентилирование кагатов с увлажнением воздуха до 80 % улучшает условия хранения. Расход воздуха колеблется от 25 до 40 м<sup>3</sup>/ч на 1 т свеклы. Вентилирование без увлажнения воздуха зачастую приводит к подвяливанию корнеплодов.

В восточных районах страны используют способ хранения свеклы замораживанием до —13 °С и укрыванием снегом. При вентилировании кагатов холодным воздухом она промерзает за 2—3 ч и может храниться при поддержании таких условий около 200 суток. Среднесуточные потери сахарозы не превышают 0,004 % к массе свеклы.

Свежевыкопанная, неподвяленная и минимально травмированная мытая свекла также хорошо хранится. При значительном содержании подвяленных, травмированных корнеплодов мыть свеклу перед хранением не рекомендуется.

Потери массы сахарной свеклы и сахарозы при хранении нормируются по месяцам и зонам расположения сахарных заводов. Среднесуточные потери сахарозы по нормам в кагатах составляют 0,006—0,016, а в бурачных — 0,018—0,140 % к массе свеклы. Снижение среднесуточных потерь сахара в СССР на 0,01 % к массе свеклы позволяет увеличить его выпуск до 100 тыс т в год.

При полном удалении головки корнеплод имеет наилучшие технологические качества. Однако он менее устойчив при хранении и требует немедленной переработки.

Наименее приемлемым для производства является оставление на корнеплоде 3 % зеленой массы и головки. Рекомендуется удалять верхушечную почку и всю зеленую массу.

Оптимальные показатели технологического качества сахарной свеклы следующие: содержание сухих веществ — 24—26 %, сахарозы — 16—18, редуцирующих веществ — не более 0,15 % к массе свеклы.

При этом неочищенный сок должен иметь доброкачественность 86—88 %, натуральную щелочность — 0,020—0,025 СаО, содержание растворимого азота — не более

#### 4. Технические требования ГОСТ 17421—82

Наименование показателя	Норма, %
Физическое состояние	Не потерявшие тургора
Цветушные корнеплоды, не более для Прибалтийских республик и Белорусской ССР	3
для других республик	1
Подвяленные корнеплоды, не более	5
Корнеплоды с сильными механическими повреждениями, не более	12
Зеленая масса, не более	3
Мумифицированные корнеплоды	Не допускаются
Подмороженные корнеплоды со стекловидными отслаивающимися или почерневшими тканями	»
Загнившие корнеплоды	»

40 % к содержанию общего азота, углекислой золы — не более 0,5—0,6 %, в том числе калия и натрия — около 50 %,  $P_2O_5$  — не менее 15 % к общему составу золы.

Свекла должна быть свежей, иметь нормальный тургор. Наличие примесей не должно превышать 4—5 % к массе свеклы. Содержание поврежденных корнеплодов не должно превышать нормы, а дуплистых — должно быть незначительным.

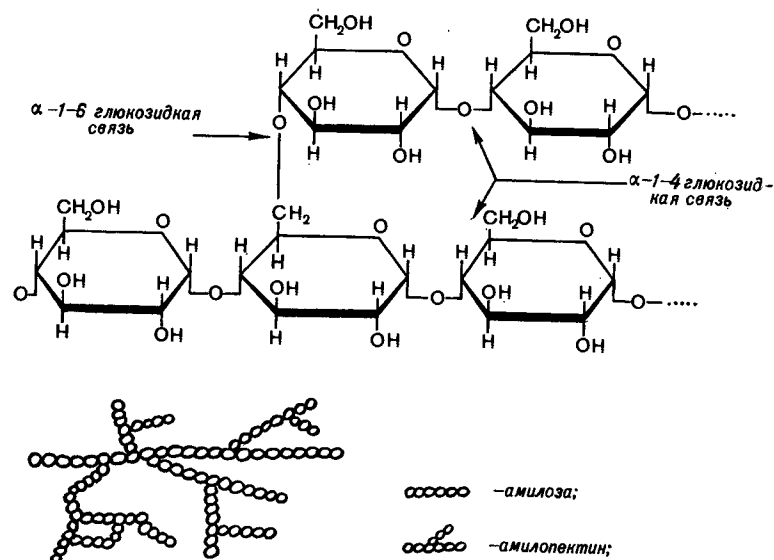
По ГОСТ 17421—82 «Свекла сахарная для промышленной переработки. Требования при заготовках» корнеплоды сахарной свеклы должны соответствовать техническим требованиям, указанным в табл. 4.

Сахарную свеклу, содержащую цветущие, подвяленные или с сильными механическими повреждениями корнеплоды, подмороженные, но не почерневшие, относят к некондиционной.

Базисная сахаристость свеклы по союзным республикам устанавливается Госагропромом СССР по согласованию с советами министров свеклосеющих союзных республик на пятилетний план. Базисная сахаристость свеклы по сырьевым зонам сахарных заводов устанавливается Госагропромами союзных республик на пятилетний план, исходя из утвержденной базисной сахаристости по республике.

#### КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ

Крахмал как резервный углевод содержится в семенах, плодах, клубнях и ботве многих растений. Он состоит из линейных цепей амилозы и разветвленных цепей амилопектина (рис. 1).



1. Структурная формула и строение крахмала.

В зернах пшеницы, ржи, кукурузы, сорго и риса содержание крахмала составляет 60—80 % к массе сухих веществ. В картофеле содержится в среднем 16—18 % крахмала к массе. Содержание крахмала, белковых веществ и жира в различных растениях показано в табл. 5 (12, 13, 14). Наибольшее содержание крахмала среди зерновых культур в сорго, кукурузе, рисе, ячмене, наименьшее — в овсе. Наиболее качественный крахмал содержится в картофеле.

#### Картофель

Картофель принадлежит к семейству пасленовых клубнеплодных растений. Хотя в природе насчитывается 366 видов картофеля, различают два тетраплоидных вида, находящихся в культуре: один из них дает лучший урожай в условиях тропиков, другой — в условиях умеренного климата. Размножается корнеплодами, несколькими глазками с частью корнеплода, семенами, отсадками и живцами.

Химический состав клубней приведен в таблице 6. Среди сухих веществ клубней содержится крахмала — 67—72 %, азотистых веществ — 1,4—2,9, жира — 0,3—0,47,

5. Химический состав крахмалосодержащего сырья, % к массе

Вид растения	Вода	Углеводы	Белки	Жир	Клетчатка	Зола
Кукуруза	13,0—16,2	65,3—85,3	8,9—11,6	3,5—6	1,6—4,6	1,2—1,7
Пшеница	10,8—13,4	65,7—73,5	11,8—18,5	1,3—2,8	1,6—2,8	1,1—3,5
Рожь	11,8—13,9	61,4—70,2	9,4—16	1,7—2,3	1,7—3,4	1,8—2,2
Рис	11,0—13,6	71,7—83	7—14,2	1,6—2,1	6,0—6,5	1,3—1,6
Сорго	12,0—13,8	67,7—74,7	11,5—13,7	2,1—3,7	1,5—4,8	1,1—3,2
Сорго сахарное	12,0—13	63—70,3	10,9—12,1	2,3—2,8	2,6—8	2,1—2,8
Просо	9,3—13,3	55,5—66,6	10,4—15,5	3,4—4,4	7,0—10,3	2,9—3,2
Ячмень	10,2—18,5	64,9—75,3	9,0—16,2	1,6—2,6	4,6—7,5	1,7—3,1
Овес	13,0—15,7	54,1—63	10,2—13	2,6—5,1	8,2—13,6	2,7—4
Арахис (зерна без ко- жур)	13	—	23,9—27,5	34,9—46,3	2,3—2,6	2,1—2,4
Горох	12,8—17,2	66,0—72,1	18,6—23,9	1,3—2,8	4,2—6,7	2,7—3,7
Вика	11,8—14,2	70,3—73,5	24,1—30,8	0,7—2,1	4,3—7,7	2,8—3,6
Соя	9,1—11,8	74,2—90,2	27,1—47,6	12,9—22,2	4,4—7,9	4,3—5,8
Фасоль	11,8—13	59,6—69,4	19,8—26	1,5—1,8	3,2—4,5	3,1—3,8
Чечевица	13,0—14,3	66,7—70,7	21,8—27,8	0,7—1,8	3,1—5,1	2,8—3,5
Чина	11,7—14	63,6—66,6	25,5—31,1	1,0—1,3	4,4—7,5	2,9—3,2
Нут	11,4—14,1	57,1—69,2	20,1—33,2	3,7—5,1	4,0—8,9	2,4—7,7
Гречиха	12,9—16	52,5—59,8	11,8—12,6	2,8—5,2	8,4—8,8	2,0—8,2
Анис	8,5	74,9	18,6	25,2	19,9	6,0
Амарант	25,9	59,8	13	5,3	3,4	3,3
Людун	11,7—18,5	64,2—74,8	27,9—39,6	4,8—7,2	12,2—14,9	3,0—4,2
Картофель	75,2—81,3	14,3—23,3	1,4—2,5	0,1—0,3	0,5—1	0,5—1
Багат (сладкий карто- фель)	68,4—77,3	18—21,4	1,5—3,6	0,4—0,5	1,0—1,5	1,1—1,2
Брюква	86—89,7	6,5—9,4	0,9—2,1	0,1—0,3	1,0—1,6	0,7—0,9
Морковь столовая	85,5—88,4	7,9—10,7	1,1—1,7	0,2	1,0—1,2	0,9—1,1
Морковь кормовая	85,6—91,7	8,4—10,3	0,9—1,4	0,1—0,3	0,8—1,4	0,7—0,9
Редис	93,3	3,5	1,2	0,2	0,7	0,7
Редька	86,9	7,1	1,9	0,1	1,5	1,1
Репка	89,4—91,6	4,3—5,7	1,0—1,9	0,1	1,0—1,6	0,7—0,9
Свекла столовая	82,8—87,2	7,2—10	1,3—1,8	0,1—0,2	0,6—1	0,8—1,9
Свекла кормовая	81,5—90	5,1—10,6	1,1—1,7	0,1—0,3	0,7—1,4	0,9—1,4
Патиссон	92,2—93,1	4,2—4,9	0,2—1,4	0,1—0,4	1,1—1,6	1,1—1,4
Тыква	85,9—92,4	5,5—10,3	0,9—2	0,1—0,7	0,5—2,9	0,5—1,1
Капуста	84,5—91,2	6,1—9	1,3—2,7	0,1—0,9	0,5—3,5	0,7—2
Топинамбур	77,9—81,4	12,0—22,7	1,7—4,6	0,2—1,4	0,8—1,5	0,9—1,7
Арбуз столовый	90,8	7,4	0,7	0,7	1	0,5
Арбуз кормовой	91,7—95,8	3,7—7,4	0,3—1,2	0,1—0,7	1,0—1,9	0,4—0,6

# 6. Химический состав клубней картофеля, % к массе

Составные части	Минимальное	Максимальное	Среднее
Сухие вещества	13,1	36,8	22
Крахмал	8	29,4	15
Сахара	0,1	8	1
Клетчатка	0,2	3,5	1
Сырой протеин	0,7	4,6	2
Жир	0,04	1	0,1
Зола	0,4	1,9	1
Органические кислоты	0,1	1	0,6

клетчатки — 1,7—7,4, зола — 4,1—5,4, сахаров — 0,3—1 %. В клубнях имеются витамины, ферменты, алкалоиды.

Крахмал картофеля состоит из амилозы (20—25 %) и амилопектина (75—80 %), содержит 50—110 мг % фосфора, имеет температуру клейстеризации 55—65 °С. В клубнях содержится от 0,05 % до 0,1 растворимых и от 0,06 до 0,45 % нерастворимых пектиновых веществ, сахароза, инвертный сахар,

фосфорные эфиры сахаров, иногда до 8 %, в том числе глюкозы — 0,5—1,5 %, фруктозы — 0,4—2,9, сахарозы — 0,7—6,7, мальтозы — следы, глюкозо-1-фосфат — до 0,2, глюкозо-6-фосфат — 0,7—4,5, фруктозо-фосфат — 0,2—2,5, триозофосфаты — 0,2—1 % к массе сухих веществ (13). У основания клубней содержится больше сахаров и крахмала. Среди белков картофеля преобладают глобулины (72—84 %) и глютелины (16—28 %). В белках картофеля много незаменимых аминокислот, особенно лизина, треонина. Биологическая ценность белков картофеля составляет примерно 85 % ценности белков куриного яйца, принятых за 100 %.

В картофеле находят более 20 аминокислот, рН клеточного сока картофеля составляет 5,6—6,2. Кислотность сока обусловлена наличием органических кислот: лимонной, яблочной, щавелевой, пировиноградной, винной, янтарной. Содержание лимонной кислоты доходит до 0,6 %.

Из витаминов в картофеле найдены: С — 10—25 мг; РР — 0,4—2, В<sub>1</sub> — 0,05—0,2, В<sub>2</sub> — 0,01—0,2, В<sub>6</sub> — 0,9, пантотеновая кислота — 0,2—0,3 мг на 100 г сырых клубней, каротин. При варке картофеля без кожуры разрушается до 30 %, а с кожурой — до 20 % витамина С. Из гликоалкалоидов обнаружены соланин и гаконин (до 4 мг %).

Картофель, содержащий свыше 20 мг % гликоалкалоидов (сильное позеленение клубней), опасно употреблять в пищу. Проросший картофель, сваренный с кожурой, содержит особенно много гликоалкалоидов.

Средний химический состав золы картофеля (%): К<sub>2</sub>О — 60, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> — 17, SO<sub>3</sub> — 7, MgO — 5, CaO — 3, Cl — 2, Na<sub>2</sub>O — 1, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 1, CuO — 0,2.

Больше всего минеральных веществ находится в кожуре картофеля. Соотношение элементов зависит от состава почвы, вида удобрений, наличия влаги. Из жиров в картофеле обнаружены пальмитиновая, олеиновая, линолевая и линоленовая жирные кислоты. Две последние не синтезируются в организмах животных.

Хранение картофеля. Основными показателями качества картофеля при хранении считают естественную убыль массы и изменение товарного вида. Влагодерживающая способность клеток картофеля зависит от содержания в них калия и натрия. Хранить картофель можно в полевых и в стационарных условиях. Его хранят бестарным способом (навалом) с укрытием соломой, землей, песком, снегом; затаренным в закромах, траншеях.

В полевых условиях при земляном или соломенно-земляном укрытии картофеля создаются благоприятные условия для хранения корнеплодов; повышается содержание углекислоты, стабилизируется температура, влажность. Однако, при этом необходимо закладывать на хранение здоровый, просушенный и охлажденный до +4—+6 °С картофель, укрывать его сухой землей.

При отсутствии хороших дорог и высоком уровне грунтовых вод в дождливый период такой картофель трудно вывозить и хранить. Поэтому выбор площадки для полевого хранения картофеля, срок закладки его на хранение и способ укрытия важно тщательно продумать. В кагатах необходимо устанавливать вентиляционные термометры и оборудовать кагаты водоотводными лотками. Семенной картофель хранят в укрытых траншеях и погребах. При стационарном хранении картофеля строят овощехранилища: наземные с приточно-вытяжной вентиляцией в южных районах, углубленные с приточно-вытяжной вентиляцией в средней полосе СССР, без приточно-вытяжной вентиляции в северных областях. Типовые овощехранилища позволяют механизировать трудоемкие процессы. Обычно картофель хранят в контейнерах. Хранилища перед заготовкой картофеля просушивают, дезинфицируют формалином (1 часть 40%-ного формалина на 40 частей воды) из расчета до 30 мл формалина на 1 м<sup>3</sup> помещения, производят дезинфекцию (фумигацию) сернистым газом путем сжигания серы 50—60 г на 1 м<sup>3</sup> помещения или хлорной известью (100 г на 1 литр воды) из расчета 0,3—0,5 л на 1 м<sup>2</sup> площади склада.

За 15 дней до приемки картофеля хранилище белят свежегашеной известью (2,5 кг извести и 50 г медного купороса на 10 л воды) и сушат.



За последние годы предложено ряд новых способов хранения картофеля с использованием гидразида малеиновой кислоты или его солей, в условиях регулируемой газовой среды при  $+8$ — $+10^{\circ}\text{C}$ , при укрывании новыми материалами (полиэтиленовая пленка, пенопласт).

Оптимальная температура для хранения картофеля составляет  $+2$ — $+5^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность — 90 % (с допустимыми колебаниями от 80 до 93 %). Воздух в хранилищах должен быть свежим и чистым. При длительном хранении картофеля в буртах допускаются потери крахмала в период с сентября по апрель в сумме 25,52 % от первоначального количества.

В зависимости от периода хранения нормы естественной убыли здорового картофеля, направляемого на промышленную переработку, при длительном хранении в буртах составляют (в % к массе заложенного картофеля): сентябрь — 1,1, октябрь — 1, ноябрь — 0,8, декабрь — 0,5, январь — 0,4, февраль — 0,4, март — 0,5, апрель — 0,8, май — 1,1.

**Технологические требования к качеству картофеля.** На промышленную переработку картофель может поступать на консервные, овощесушильные, пищевые концентратные, крахмальные и спиртовые предприятия. К сожалению, в ряде районов, особенно для крахмальной и спиртовой промышленности, направляют на промышленную переработку картофель низкого качества с 10—30 % примесей, механически поврежденный, пораженный болезнями, остающийся после отсортировки картофеля на пищевые цели. Такой картофель не пригоден для длительного хранения и требует немедленной переработки, а лучше — скормливания скоту.

В соответствии с ГОСТ 6014—68 «Картофель свежий для переработки» сырье должно иметь следующее качество для производства крахмала:

внешний вид — клубни целые, сухие, без заболеваний, непроросшие, однородные или разнородные по окраске;

форма и размеры — любая форма, размеры по наибольшему поперечному диаметру не менее 30 мм;

крахмалистость в % (базисная) для разных районов — 14—16, для Украинской ССР — 15;

содержание: позеленевших клубней с наростами, % к массе, не более — 2; увядших клубней — не допускается; мелких клубней от 20 до 30 мм, % к массе, не более — 5; клубней с механическими повреждениями глубиной более 5 мм или разрезанных и треснувших с повреждениями длиной более 20 мм, % к массе, не более — 2; раздавлен-

ных клубней — не допускается; клубней, поврежденных сельскохозяйственными вредителями, % к массе, не более — 2 (кроме клубней поврежденных проволочком, которые принимаются без ограничений); клубней, пораженных болезнями, % к массе, не более: ооспорозом или паршой — без ограничений, сухой гнилью — 2, фитофторой и ржавостью (железистой пятнистостью) — 2, мокрой, кольцевой, пуговичной гнилью — не допускается;

содержание клубней запаренных, подмороженных, мороженных, с признаками «удушья» — не допускается;

наличие земли, прилипшей к клубням, % к массе, не более — 1,5;

наличие посторонних примесей (солома, ботва и др.) — не допускается.

К приемке для промышленной переработки не допускаются партии картофеля с посторонними запахами, вызванными условиями выращивания (от применения сточных вод, ядохимикатов), транспортирования и хранения.

## Кукуруза

Кукуруза — наиболее распространенное сырье для промышленного производства крахмала, это однолетнее, травянистое растение семейства злаков. По внутреннему строению и морфологии зерна различают 9 ботанических групп: кремнистая, зубовидная, ползубовидная, лопающаяся, сахарная, крахмалистая (или мучнистая), крахмало-сахарная, восковидная, пленчатая.

Наиболее распространена в культуре кукуруза ползубовидная, ограничено возделывается восковидная, а кукуруза пленчатая в производственных посевах не используется.

**Химический состав.** Масса одного зерна кукурузы обычной зубовидной 150—600 мг (в среднем 350 мг). Зерно из средней части початка имеет толщину около 4 мм, ширину 8 и длину 12 мм. Около 75 % зерна зубовидной кукурузы имеет плоскую форму и около 20 — округлую, 5 % — мелкие, верхушечные зерна. Зерно состоит из чехлика, перикарпия, зародыша и эндосперма. По способу мокрого помола зерна установлено, что на зародыш приходится 84,3 % жира, 83,5 золь, 65,3 сахара и 22,2 % белка, содержащегося во всем зерне. В эндосперме зерна содержится 98,5 % крахмала и 73,6 % белка от массы этих компонентов в зерне. Эндосперм зубовидной кукурузы состоит: из 34 % по массе мучнистого или мягкого эндоспер-

**7. Средний химический состав зерна зубовидной кукурузы, % по сухим веществам**

Составные части	Процент по массе целого зерна	Крахмал	Жир	Белок	Зола	Сахар
Зародыш	11,5	8,3	34,4	18,5	10,3	11
Эндосперм	82,3	86,6	0,86	8,6	0,31	0,61
Чехлик	0,8	5,3	3,8	9,7	1,7	1,5
Перикарпий	5,3	7,3	0,98	3,5	0,67	0,34
Целые зерна	100	72,4	4,7	9,6	1,43	1,94

ма и 66 % роговидного или твердого эндосперма. Крахмалистые (мучнистые) сорта кукурузы содержат мало или совсем не содержат роговидного эндосперма. Плотный периферийный эндосперм (субалейрон) содержит до 28 % белка и вызывает трудности при очистке крахмала. Для этого применяют размягчающие агенты (сернистый ангидрид и др.). Зародыш зубовидной кукурузы составляет 22,3 % массы зерна. Зародыш состоит из двух частей: щитка и зародышевой почки. Средний химический состав частей зрелых зерен зубовидной кукурузы (17) приведен в табл. 7.

По М. И. Смирновой-Иконниковой кукуруза зубовидная содержит: крахмала 67,9—75,7 %, сырого белка 8—13,5, жира 3,1—5,6 % к массе сухих веществ; кремнистая — крахмала 63—83 %, сырого белка 7,7—14,8, жира — 3,3—6,9 %; крахмалистая — крахмала 71,5—82,7 %, сырого белка 6,9—12,2, жира 4,5—6,3 % к массе сухих веществ.

В желтозерных сортах кукурузы много провитамина А. Протеины кукурузы состоят в основном из зеина и зеанина. Они слабо растворяются в некоторых кислотах и хорошо в щелочах, водном растворе этанола.

В состав золы кукурузного зерна входят  $P_2O_5$  — 47,6 %,  $K_2O$  — 29,47,  $MgO$  — 14,39,  $CaO$  — 1,9,  $SiO_2$  — 2,27,  $Na_2O$  — 1,43,  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$  — 1,22,  $SO_3$  — 0,67,  $Cl^-$  (хлориды) — 0,78 % от общего содержания золы.

Водорастворимый экстракт имеет pH 6—6,5. Низкомолекулярные углеводы экстракта (до 30 % к СВ) сбраживаются, образуется молочная кислота, способствующая гидратации протеинов и растворению щелочно-земельных металлов. Фитаты расщепляются в фосфаты и инозиты, а протеины — в пептиды, аминокислоты и аммиак. Масло кукурузы состоит из жирных кислот (табл. 8).

**Технические требования к кукурузе.** В соответствии с

техническими условиями ГОСТ 13634—81 «Кукуруза», кукуруза в зерне и початках заготавливается на продовольственные и кормовые цели, поступает на промышленную переработку в крупяную, мукомольную, пищевую концентратную, крахмало-паточную промышленности, на предприятия общественного питания.

В зависимости от цвета и формы зерна кукурузу подразделяют на типы. Для промышленной переработки кукурузу поставляют только в зерне. Базисные нормы, в соответствии с которыми производят расчет за заготавливаемую кукурузу:

Базисные нормы	
Влажность зерна, %	22
Сорная примесь, %	1
Зерновая примесь, %	2
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не допускается

**Ограничительные нормы для заготавливаемой кукурузы:**

Початки в обертках, не более	10
Влажность зерна, %, не более	25
Сорная примесь, %, не более	5
в том числе:	
зерна, пораженные болезнями	2
галька	1
вредная примесь всех видов	1
в числе вредной примеси:	
спорынья	0,5
горчак ползучий, софора лисохвостная,	
термопсис ланцетный (в совокупности)	0,1
вязель разноцветный	0,1
гелиотроп опушенноплодный	0,1
триходесма седая и семена клещевины	Не допускается
Зерновая примесь, % не более	15
в том числе проросшие зерна	5
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не допускается, кроме зараженности клещом

**Примечание.** Кукурузу, содержащую примесь зерновых и семян бобовых культур свыше 15 % от массы зерна, вместе с примесями определяют как смесь кукурузы с другими культурами с указанием состава в процентах.

Разные типы кукурузы имеют определенную окраску и форму зерна, а также различное содержание зерен (табл. 9).

Крахмало-паточной промышленности поставляют кукурузу I, II, V и VI типов. Смесь типов не допускается. Ку-

## 8. Состав масла

Жирные кислоты	Содержание, % к общему количеству	
	по Бвуру и Броуну	по Кумерову
Миристиновая	0,1	0,5
Пальмитиновая	8,1	9,7
Стеариновая	2,5	3,1
Пальмитин-олеиновая	1,2	0,2
Олеиновая	30,1	30,4
Линолевая	56,3	55,5
Кислоты с содержанием более 18 атомов углерода	1,7	—

куруза, поставляемая крахмало-паточной промышленности, должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 10. Кукуруза повышенной влажности, предназначен-

## 9. Характери

Номер и наименование	Цвет и форма зерна
I — Зубовидная желтая	Желтая, оранжевая, желтая с белой верхушкой. Преимущественно продолговато-удлиненная со скошенными боками и вдавленной верхушкой зерна
II — Зубовидная белая	Белая, палевая, бледно-розовая. Преимущественно продолговато-удлиненная со скошенными боками и вдавленной верхушкой зерна
III — Кремнистая желтая	Желтая, оранжевая с белой верхушкой. Верхушка зерна округлая без вдавленности. Зерно блестящее
IV — Кремнистая белая	Белая, палевая, бледно-розовая. Верхушка зерна округлая без вдавленности. Зерно блестящее
V — Полузубовидная желтая	Желтая, оранжевая. Форма переходная от зубовидной к кремнистой со слабо вдавленной верхушкой или без вдавленности
VI — Полузубовидная белая	Белая, палевая, бледно-розовая. Форма переходная от зубовидной к кремнистой со слабо вдавленной верхушкой зерна или без вдавленности
VII — Лопающаяся белая	Белая, удлиненная с клювовидной или округлой верхушкой. Зерно гладкое
VIII — Лопающаяся желтая	Желтая. Удлиненная с округлой или клювовидной верхушкой. Зерно гладкое
IX — Восковидная	Белая, светло-желтая. Зубовидная и полузубовидная

ная для пищевого концентрата и крахмало-паточной промышленности и предприятий общественного питания, должна высушиваться в режимах, предусмотренных для семенного зерна.

Заготавливаемая и поставляемая кукуруза должна быть в здоровом, негнущемся состоянии, иметь цвет и запах, свойственные нормальному зерну кукурузы, без затхлого, солодового, плесневого и других посторонних запахов. В промышленности допускается поставлять кукурузу других типов по согласованию с соответствующими министерствами.

Кукурузу транспортируют и хранят в чистых, сухих, без постороннего запаха, не зараженных вредителями хлебных запасов транспортных средствах и зернохранилищах в соответствии с правилами перевозок, санитарными правилами и условиями хранения, утвержденными в установленном порядке.

Интересной разновидностью кукурузы является сахар-

## стик сортов

Содержание зерен или початков других типов, %, не более	Примерный перечень сортов и гибридов, относящихся к данному типу
15, в том числе белой не более 5	Краснодарский 303 ТВ, Орбита М, Краснодарский 440 МВ Одесский 50 М, Краснодарская 1/49 Одесская 10, Краснодарский 436 М, Краснодарский 334 ТВ
15, в том числе желтой не более 2	Стерлинг, Узбекская белая зубовидная, Днепро-вская 200
15, в том числе белой не более 5	Воронежская 80, Воронежская 76, Кремнистая желтая местная (Кавказская желтая), Имеретинский гибрид, Буковинский 3 ТВ (первое поколение), Узбекская 100
15, в том числе желтой не более 2	Кремнистая белая местная (Кавказская белая)
25, в том числе белой не более 5	Днепро-вский 320 АМВ, Буковинский 11, Буковинский 3 ТВ (второе поколение), Буковинский 2 ТВ (второе поколение)
25, в том числе желтой не более 2	Днепро-вский 438 ТВ, Днепро-вский 56 ТВ (второе поколение), Абашская полузубовидная, белая местная
15, в том числе желтой не более 2	Рисовая 216
15, в том числе белой не более 5	Жемчужная 227, Жемчужная 304
3	Краснодарская восковидная 1

# 10. Характеристика поставляемой кукурузы ГОСТ 13634—81

Показатель	Норма
Влажность, %, не более	15
Влажность зерна, подвергавшегося искусственной сушке, %, не менее	13
Всхожесть, %, не менее	55
Сорная примесь и зерна культурных растений, относимые к зерновой примеси (по совокупности), %, не более	3
в том числе вредная примесь (по совокупности всех видов)	0,2
горчак ползучий и вязель разноцветный	0,1
спорынья и головня	0,15
триходесма седая, гелиотроп опушенноплодный и семена клещевины	Не допускаются
Зерна кукурузы, относимые к зерновой примеси, %, не более	7
в том числе зерна, поврежденные болезнями, %	3
Зараженность вредителями хлебных злаков	Не допускается, кроме зараженности клещом (не выше II степени)

ная, которая считается овощем и культивируется в США, Европе, Азии и в странах Ближнего Востока.

Сорная и зерновая примеси кукурузы. При промышленной переработке кукурузы следует отличать основное зерно от сорной и зерновой примесей. К основному зерну относят целые и поврежденные зерна кукурузы, по характеру повреждений и выполненности не относящиеся к сорной или зерновой примеси.

К сорной примеси относят: проход, который получается при просеивании через сито с отверстиями диаметром 2,5 мм, а также остатки, в которых есть минеральная примесь (земля, камешки, шлак), органическая примесь (пленки, кусочки стержней, стеблей, листьев, обертки початков, мертвые насекомые и т. п.); семена всех дикорастущих, а также зерна и семена культурных растений, не отнесенные к зерновой примеси; зерна кукурузы, пшеницы, ржи, риса, овса, ячменя, семена гороха, чечевицы, сои, фасоли, чины и нута, загнившие и заплесневелые, потемневшие, поджаренные, обуглившиеся — все с испорченным эндоспермом; зерна кукурузы, пораженные грибковыми и бактериальными болезнями, загнившие и заплесневелые, с разрушенной оболочкой и испорченным эндоспермом; вредная примесь (спорынья, головня, зерна, пораженные

нематодой, горчак ползучий, софора лисохвостная, термopsis ланцетный, вязель разноцветный, гелиотроп опушенноплодный, триходесма седая, семена клещевины).

К зерновой примеси относят зерна кукурузы, которые остаются на сите с отверстиями диаметром 2,5 мм, битые и изъеденные на 50 % от их массы, давленные, сильно недоразвитые — щуплые, проросшие с ростком или без него, неформированные с измененным цветом оболочки, потемневшие, горелые, заплесневелые с испорченным зародышем, с затронутым эндоспермом, поврежденные самосогреванием, сушкой, пораженные болезнями (фузариоз, бель, бактериоз и др.).

Хранение кукурузы и подготовка к переработке. Интенсивность дыхания зерна кукурузы зависит от качества зерна, его влажности, условий хранения. Критическая влажность зерна кукурузы 15—16 %. Повышение влажности ухудшает лежкость зерна. Повышенное содержание сорной и зерновой примесей усиливает самосогревание и порчу зерна. Поэтому его следует хранить в емкостях после предварительной очистки от примесей. Если кукурузу искусственно высушивают при 82—93 °С, белок эндосперма снижает набухаемость при замачивании кукурузы, прочнее удерживает в эндосперме крахмал и при переработке зерна выход крахмала уменьшается. При высушивании незрелой, плесневелой или влажной кукурузы глютен претерпевает физико-химические изменения, частично денатурирует. Рекомендуют сушить зерно при 45—50 °С. При хранении зерна особое внимание обращают на температуру и влажность внутри хранилищ и в зерне [21].

При хранении кукурузного зерна в железобетонных емкостях элеваторов следят за температурой в силосах. При повышении температуры, выше допустимой для данного периода хранения, зерно подрабатывают на ситах, проветривают. Зерно каждого силоса перекачивают не реже одного раза в месяц.

Кукурузу в початках хранят в деревянных или железобетонных сапелках с естественной или принудительной вентиляцией. Сапелки могут вмещать от 50 до 2000 т початков. Кукурузу пониженного качества нужно сразу же перерабатывать.

В осенне-зимний период можно хранить кукурузу с влажностью 18 % при высоте насыпи не более 1,5 м. Кукуруза в початках хранится лучше, чем в зерне. Зародыш зерна не имеет защитного алейронового слоя, и через чехлик в него проникают микроорганизмы и влага. Зародыш

особенно чувствителен к повышению температуры. При высокой температуре может наблюдаться частичная клейстеризация крахмала, приводящая к уменьшению выхода его. Оптимальная температура хранения кукурузного зерна — 18—20 °С, относительная влажность воздуха — не более 70 %. Зерно, направляемое на переработку, должно соответствовать требованиям ГОСТ 13634—81.

### Сорго

Сорго относят к роду однолетних и многолетних растений (семейства злаков). Насчитывает около 50 культурных и диких видов. В культуре наиболее распространены виды: сорго обыкновенное, джугара, гаолян, сорго кафрское, сорго хвостатое, дохна, сорго сахарное, сорго веничное или метелчатое, суданская трава. Сорта зернового сорго (кафир, мило, дурра дохна и др.) происходят из Африки и Индии.

Родина сорго — Экваториальная Африка. Вторичные центры происхождения — Индия, Китай, Египет. В Европу завезено в XV в., в Америку — в XVII в. В значительных объемах выращивается в Пакистане, Китае.

В СССР выращивают в основном джугару и сахарное сорго (Средняя Азия, Дальний Восток, Казахстан, Поволжье, Молдавия, юг Украины). Средний урожай сорго — 1,2 т/га. В передовых хозяйствах урожай зерна достигает 2,5—3 т/га, а зеленой массы — 30—40 т/га.

Сорго по внешнему виду напоминает кукурузу. Имеет мощную корневую систему, проникающую вглубь на 2—2,5 м. Стебель — прямостоячий высотой от 0,5 до 7 м, сухой при созревании. Сорго по сравнению с кукурузой содержит меньше жира, больше белка и крахмала. Химический состав [18] зерна сорго приведен в табл. 11.

Н. И. Филипповой [22] исследовано зерно 41 образца сорго разных типов. В 23 образцах содержание крахмала составило 73—76,9 %, в 14 — 70—72 %. В четырех образцах содержание крахмала составило 57—69 % при высоком содержании пентозанов (4,4—9,4 %) и клетчатки (2,2—6 %). Было определено, что для крахмало-паточной промышленности наиболее пригодны сорта сорго: Катты-Баш, Алты-Айлик, Кубанское красное 1677, Ефремовское ВИР-2, ВИР-101, Хегари 234, ВИР-13, Гаолян карликовый 1418, Джугара карликовая 185, Украинское 107, Степной-1, Ранний-1, Степной-3, Кубанское 1438.

В большинстве сортов сорго содержание белка составило 13,5—16 % и только в 14 образцах оно было менее 12 %.

Количество жира составляло 3,2—5,9 %. Более высокое содержание жира было в сортах сорго: Алты-Айлик, Кубанское 1677, Катты-Баш, Ефремовское ВИР-2, Украинское 107, Восковидное 138/300. Образцы сорго одного и того же сорта зачастую имели различный химический состав из-за разных почвенно-климатических условий выращивания.

Масло зародыша сорго по своим свойствам похоже на кукурузное масло. Оно содержит жирные кислоты пальмитиновой—

10 %, стеариновой — 4, олеиновой — 32, линолевой — 56 %.

В сорго содержится похожий на зеин белок — кафирин, экстрагируемый 60%-ным водным раствором этанола или изопропанола при 40—60 °С. Кафирин составляет 83 % белка эндосперма сорго и включает в себя значительное количество глутаминовой кислоты. В золе сорго содержится: калия — 18 %, магния — 8, кальция — 0,9, железа — 0,02, фосфора — 16, серы — 0,3. Фосфор находится в зародыше в виде фитина.

Обычное и восковидное сорго содержит 1,2 % сахаров (до 0,85 % сахарозы, 0,09 D-глюкозы, 0,09 D-фруктозы, 0,11 % рафинозы). Сахаристые сорта сорго содержат до 18 % сахара. Из него получают патоку (соровый мед). Лучшие сорта и гибриды: Степной-5, Катты-Баш местное, Кубанское красное 1677, Оранжевое 160.

Из зерна сорго получают муку, крупу, крахмал, спирт, из соломы делают бумагу, картон, плетеные изделия, веники, укрывают крыши домов. Некоторые виды сорго используют для производства красной краски для кож. Молодые растения многих видов сорго ядовиты.

Сорго подвержено болезням: твердая и пыльная головня, бактериозы, стеблевая и корневая гниль. Вредители: тля, проволочники, совки, стеблевой мотылек.

**Требования к качеству сорго при заготовках, поставках и переработке.** В соответствии с ГОСТом сорго в зерне заготавливают на комбикорма и кормовые цели, для крахмало-паточной и спиртовой промышленности. В зависимость

**11. Химический состав зерна сорго, (% по массе сухих веществ)**

Показатели	Пределы	В среднем
Вода	8—20	15,5
Крахмал	60—77	74,1
Белок (N×6,25)	6,6—16	11,2
Жир (экстрагированный CCl <sub>4</sub> )	1,4—6,1	3,7
Зола	1,2—7,1	1,5
Клетчатка (сырая)	0,4—13,4	2,6
Пентозаны	1,8—4,9	2,5
Сахара (в пересчете на глюкозу)	0,5—2,5	1,8
Танины	0,003—0,17	0,1
Воск	0,2—0,5	0,3

**12. Требования к сорго, перерабатываемого на крахмал**  
(по ГОСТ 8759—74)

Показатели	Нормы, %
Влажность, не более	15
Содержание сорной примеси, не более	3
в том числе вредной примеси по совокупности всех видов	0,2
в том числе вредной примеси:	
горчака ползучего, софоры лисохвостной, вязаля разноцветного	0,04
спорыньи и головни	0,1
геллотропа опушенноплодного и триходесмы седой	Не допускается
Содержание зерновой примеси, %, не более	7
Зараженность вредителями	Не допускается, кроме клеща не выше I-ой степени

ти от цвета и пленчатости его подразделяют на типы: белое голозерное и цветное (подтипы: голозерное и пленчатое). Сорго цветное имеет окраску от желтовато-красной до темно-коричневой, а белое голозерное — белую и белую с крапинками разного цвета. В зерне сорго допускается содержание зерен других типов до 10 %.

Базисные нормы на сорго, по которым производят расчет за заготавливаемое зерно, составляют: влажность — 14 % для Азербайджанской, Армянской, Грузинской, Казахской, Киргизской, Молдавской, Таджикской, Туркменской, Узбекской, Украинской республик и ряда областей РСФСР и 15 % для остальных областей. Содержание сорной и зерновой примеси в зерне по 2 %.

Ограничительные нормы на заготавливаемое сорго допускают: влажность — 17 % для первой группы перечисленных республик и 19 % для остальных зон. Наличие сорной примеси должно быть не более 8 %, зерновой — не более 15 %.

Зараженность вредителями хлебных злаков по базисным нормам не допускается, по ограничительным — допускается зараженность клещом.

Для крахмало-паточной промышленности поставляют преимущественно сорго белое и голозерное, соответствующее нормам, указанным в табл. 12.

Заготавливаемое сорго должно быть негреющимся, здоровым, иметь цвет и запах, свойственный нормальному зерну (без затхлого, солодового, плесневого и др.). При хранении и транспортировке учитывают состояния сорго:

по влажности — сухое (до 13,5 %), средней сухости (13,5—15), влажное (15—17), сырое (свыше 17 %);

по засоренности — чистое (до 2 % сорной и 2 % зерновой примесей), средней чистоты (2—3 сорной и 2—7 зерновой примесей), сорное (свыше 3 % сорной и свыше 7 % зерновой примесей).

**ИНУЛИНОСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ**

В СССР произрастает ряд растений, содержащих инулин, из которого можно получить фруктозу и фруктозосодержащие композиции. К ним принадлежат растения из рода сложноцветных: топинамбур, цикорий, георгина. Содержание инулина в них составляет от 40 до 80 % к массе сухих веществ клубней и корней [60]. К менее важным инулиноносам относятся растения: арника, полынь, ромашка, лопух, одуванчик, деревьев, конопляник, золотушник, ромен, подбел.

Растения рода колокольчиковых также содержат инулин: все виды колокольчиков, лобелия, растения рода лилевых, лук и чеснок, подснежник, нарцисс, растения рода камышовых, черсановых и кирказоновых.

**Топинамбур**

Топинамбур или земляная груша, известен в Европе с XXII ст. и насчитывает более 200 видов. Это многолетнее кустистое растение, стебли которого достигают высоты 2—3 м. Листья — сердцевидные, яйцевидные и удлинённые. На корнях образует много клубней, похожих на картофель, но имеющих в отличие от него несколько наростов в виде крупных «бородавок».

Без посева может давать урожай в течение 3—4 лет. Цветет на юге (Крым, Кавказ). Соцветия похожи на соцветия подсолнуха. Стебли в конце вегетации становятся одревесневшими. Топинамбур не требует особых почв и погодных условий, морозостойкий. Находясь в почве, выдерживает температуру до —30°C. Однако плохо растет на болотистых и солонцеватых землях, песках. Не поражается колорадским жуком, хорошо переносит засуху.

В ботве содержится много переваримых белков, сахара, крахмал. В течение года топинамбур, произрастающий на 1 га, поглощает 6 т CO<sub>2</sub>. В клубнях топинамбура содержится 20—25 % сухих веществ, в том числе фруктозанов (инулин и др.) — 12,6—22 %, полисахаридов — 5,7—11,7; клетчатки — 0,6—1,25, белковых веществ — 2,6—4,2, азотистых веществ — 7, золы — 0,9—1,5 %.

Полисахариды состоят из пектиновых веществ — 5,3 %, гемицеллюлозы — 4,5, целлюлозы — 2 %. Обнаруживают до 1,4 % глюкозы и фруктозы. Среди органических кислот (2,1 %) встречается лимонная (1,1 %), яблочная (0,4 %), фумаровая (0,3 %), среди аминокислот клубней преобладает валин, лейцин, триптофан. Минеральные вещества в основном представлены  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ .

Урожайность топинамбура в центральных районах страны находится на уровне 16—27, а на юге — 35—50 т/га. В отдельных случаях (Осетинская АССР) собирали до 160 т/га. Средняя масса клубней около 50 г, а в засушливые годы — до 30 г. Наибольший урожай клубней получают в октябре — ноябре. Урожайность зеленой массы составляет более 47 т/га.

Если клубни оставляют до весны в земле, то потери углеводов доходят до 15 %. Количество несбраживаемых сахаров уменьшается от 7,2—9,8 до 0—1,2 % в пересчете на фруктозу, а фруктозанов увеличивается с 5,5—8,7 до 13—14,8 %. Состав редуцирующих сахаров при этом не изменяется. В соке содержится сухих веществ до 16,6 %, сахаров — 14,7, белков — 1,6 %. В 1 кг клубней топинамбура — 6—15 % переваримого протеина и 0,23—0,30 кормовых единиц.

Питательная ценность силоса топинамбура, полученного с 1 га, составляет 20—30 тыс. ед. Различают белые, желтые и красные клубни. Наиболее урожайные желтые клубни топинамбура. Из топинамбура можно получать фруктозу, фруктозосодержащие и инулинсодержащие сиропы и порошки, производить спирт этиловый, вино, уксус, кормовые дрожжи, моторное топливо.

### Георгина

Георгина — многолетнее растение. В Европу завезена в XVIII в. Растет в разных местах нашей страны, на разных почвах. В СССР насчитывается более 800 видов. Размножается клубнями, черенками, семенами. Для промышленных целей георгину выращивают из семян.

Клубни георгины следует выкапывать до наступления морозов и хранить при 4—6 °С. Содержание инулина и других сахаров составляет в ней 16—18 %. Инулин среди всех углеводов георгины занимает около 80 %. При гидролизе сока кислотами или ферментами образуется до 90 % фруктозы к массе сухих веществ. Наземная часть растения может использоваться для приготовления кормов для животных в виде силоса.

Полисахариды (полиозиды, полиозы, полиглюкосахариды, полигликозы, полигликозаны, полиглюкозиды, гликаны) — высокополимерные углеводы, состоящие из остатков моносахаридов, соединенных глюкозидными связями и не содержащие других неуглеводных компонентов. Многие виды полисахаридов (крахмал, гликоген, гемицеллюлозы, хитин, лихенин, пектиновые вещества, зимозан, декстран и др.) широко распространены в животных, растениях и микроорганизмах и в качестве биополимеров выполняют различные функции.

Наиболее распространенные полисахариды имеют общую формулу  $C_nH_{2m}O_m$  и рассматриваются как полимеры, конденсированные из моносахаридов или их производных (аминосахаров, уроновых кислот) с отщеплением воды. Из гексоз, например, полисахариды образуются по уравнению:  $pC_6H_{12}O_6 \rightarrow [C_6H_{10}O_5]_p + (p-1) \cdot H_2O$ .

В полисахаридах содержатся моносахаридные звенья в количестве от двух до десяти (олигосахариды) и от десяти и более до миллионов (полисахариды). Полисахариды делятся на классы: гомополисахариды и гетерополисахариды.

Гомополисахариды состоят из остатков одного моносахарида, например, из глюкозы (глюканы: крахмал, целлюлоза, гликоген, декстран, аубазидан, ламинарин и др.), фруктозы (фруктаны), галактозы (галактаны), маннозы (маннаны), ксилозы или арабинозы (пентозаны: ксиланы и арабаны).

Гетерополисахариды состоят из остатков различных моносахаридов, например, из глюкозы и маннозы (глюкоманнаны, эремуран), галактозы и маннозы (галактоманнаны), нескольких моносахаридов (камеди).

В составе полисахаридов обнаружено более 20 различных моносахаридов в основном в пиранозной форме, соединенных  $\alpha$ - или  $\beta$ -глюкозидными связями (глюкоза, фруктоза, галактоза; манноза, ксилоза, арабиноза и др.), аминоксахара (глюкозамин, галактозамин), дезоксисахара (рамноза, фукоза), уроновых кислот (глюкуроновая, галактуроновая, маннуроновая, идуроновая). Наиболее сложными полисахаридами являются полисахариды микроорганизмов и животных.

Полисахариды могут обладать нейтральными, кислотными или основными свойствами в зависимости от наличия или отсутствия кислотных или основных групп. Так, например, крахмал, гликоген, клетчатка — нейтральны, полиуро-

ниды обладают кислотными, а хитозан — основными свойствами.

Глюкозидные связи в полисахаридах могут быть между  $C_1$  и  $C_2$ ,  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_1$  и  $C_4$ ,  $C_1$  и  $C_5$  углеродными атомами моноз.  $\beta$ -глюкозидные связи более устойчивы к кислотному гидролизу, чем  $\alpha$ -глюкозидные связи.

По реакции с иодом полисахариды условно разделяют на крахмалоподобные (синяя окраска) и гликогенподобные (различная бурая окраска). По структуре полисахариды могут быть линейными (амилаза), разветвленными (амилопектин, гликоген), циклическими (декстрины Шардингера). По биологическому значению полисахариды делятся на конструктивные (целлюлоза, хитин и др.), энергетические или запасные (крахмал, гликоген, эремуран), физиологически активные (гепарин — антикоагулянт крови и регулятор липидного обмена, гиалуроновая кислота — регулятор проницаемости тканей и минерального обмена), иммунополисахариды (полисахариды крови, декстран, полисахариды пневмококков, крахмал и др. обладают антигенными свойствами).

Полисахариды обычно бесцветные, аморфные вещества. Одни из них растворяются в воде, другие не растворяются. Энергетические или запасные полисахариды легко набухают в воде и дают вязкие коллоидные растворы.

Восстанавливающие свойства полисахаридов слабые. При окислении их иодной кислотой образуются альдегидные группы. Свободные гидроксильные группы ацилируются и алкилируются.

При гидролизе полисахаридов кислотами или специфическими ферментами глюкозидные связи разрушаются и в зависимости от условий образуются различные остатки полимерных звеньев вплоть до моно- или дисахаридов. Полисахариды — основной источник углеводов в питании человека. Они в организме расщепляются различными ферментами: крахмал —  $\alpha$ -амилазой поджелудочной железы, мальтоза — мальтазой, изомальтазой, сахароза — сахаразой (инвертазой), лактоза —  $\beta$ -галактозидазой, часть целлюлозы — ферментами микрофлоры толстого кишечника. При гидролизе одной гликозидной связи для сахарозы выделяется 29,3 кДж, а для олиго- или полисахаридов — 16,8 кДж.

Вторым путем расщепления крахмала и гликогена в организме является фосфоролиз:  $(C_6H_{10}O_5)_n + H_3PO_4 \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n - 1 + \text{глюкозо-1-фосфат}$ , катализируемый крахмал-фосфорилазой или гликоген-фосфорилазой.

Процесс повторяется многократно до полного расщепле-

ния. Этот путь диссимилиации полисахаридов является энергетически более выгодным, чем гидролиз.

Олигосахариды, содержащие от 2 до 10 остатков моносахаридов, подразделяются на дисахариды, трисахариды, тетрасахариды и т. д. В зависимости от состава моносахаридов их различают как гомоолигосахариды и гетероолигосахариды. Они могут быть с линейной или разветвленной цепью молекул. К наиболее распространенным олигосаха-ридам следует отнести сахарозу, лактозу, мальтозу, трегалозу и др.

**Гомо- и гетерополисахариды II порядка:** крахмал, фруктаны, декстран, целлюлоза. Полисахариды II порядка (гомо- и гетерополисахариды) по источнику выделения разделяются на зоогликаны, фитогликаны, микробные полисахариды.

Изолированные исследователями из клеток полисахариды, как правило, не являются нативными, поэтому структура многих из них точно не определена. В последнее время часто используют понятия: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры полисахаридов.

Первичная структура определяется природой, характером и последовательностью связи моносахаридов в полисахаридах, вторичная — ориентацией полисахаридных цепей, формой соединений моноз, третичная — энергетически благоприятными взаимодействиями между цепями, четвертичная — взаимодействиями полисахаридных «глобул» между собой или с другими полимерами.

## Крахмал

Крахмал — резервный гомополисахарид растений. Составлен из двух полисахаридов:  $\alpha$ -амилозы и амилопектина (96,1—97,6 %), минеральных веществ, в основном фосфатов (0,2—0,7 %). В крахмале найдено 0,6 % жирных кислот (пальмитиновой, стеариновой и др.).

$\alpha$ -амилоза — линейный полисахарид, в котором остатки  $\alpha$ -D-глюкозы соединены  $\alpha$ -1,4-глюкозидными связями, имеет немного  $\beta$ -1,2-,  $\beta$ -1—3- и  $\beta$ -1—4-глюкозидных связей. Содержит в среднем 200—1000 глюкозных единиц, что соответствует молекулярной массе 32 000—160 000.

Амилоза хорошо растворяется в теплой воде и дает растворы невысокой вязкости. Водные растворы амилозы нестойкие, при стоянии в них образуются осадки (ретроградация). Раствором иода амилоза окрашивается в синий цвет. При этом образуется комплексное соединение.



В начале амилозной цепи обычно находится свободный полуацетальный гидроксил у одного глюкозного остатка. Поэтому восстанавливающая способность амилозы невелика.

Амилопектин — сильно разветвленный полисахарид крахмала, построенный из 600—6000 остатков  $\alpha$ -D-глюкозы, связанных между собой  $\alpha$ -1,4-, а в местах ветвлений  $\alpha$ -1,6-глюкозидными связями. Молекулярная масса амилопектина 100 000—1000 000, но может достигать  $20 \cdot 10^6$  и даже  $5 \cdot 10^8$ . По строению амилопектин похож на гликоген.

Амилопектин дает сине-фиолетовое окрашивание с иодом, образуя с ним комплексные и адсорбционные соединения. При добавлении щелочи соединения разрушаются, окраска исчезает.

Большинство глюкозных остатков в молекуле амилопектина имеет по три свободных гидроксила (у 2, 3 и 4 атомов углерода), а в конце цепи — четыре (у 2, 3, 4 и 6 атомов углерода). Но полуацетальный гидроксил находится в начале цепи, поэтому восстанавливающая способность амилопектина незначительная.

В крахмалах различных растений содержится разное количество амилозы и амилопектина (в среднем 25 % амилозы и 75 % амилопектина). В восковидной кукурузе более 95 % амилопектина. Выращивают кукурузу с 75 % амилозы. Крахмал картофеля, пшеницы, большинства сортов кукурузы состоит из 20—25 % амилозы и 75—80 % амилопектина. Крахмал яблок — из 100 % амилозы.

Макромолекулы амилозы и амилопектина располагаются в крахмальных зернах радиально и слоями. Крахмальные зерна имеют микрокристаллическую структуру и дают три типа рентгенограмм — А, В, С, обнаруживают двойное лучепреломление.

Крахмал, амилоза, амилопектин нерастворимы в холодной воде, спирте, эфире. При нагревании в воде зерна крахмала разрушаются и образуются клейстеры. Сначала крахмальные зерна в воде незначительно обратимо набухают, затем при повышении температуры — сильно и необратимо набухают, увеличиваются в объеме в сотни раз, повышают вязкость растворов (разрыв водородных связей и гидратация макромолекул), на последней стадии — растворимые полисахариды переходят в раствор, зерна теряют форму, могут разрушаться и суспендировать в раствор. При этом вязкость клейстера сильно увеличивается. Интервал температуры клейстеризации различных пищевых крахмалов показан в табл. 13.

13. Температура клейстеризации различных крахмалов

Вид крахмала	Температура потери двойного лучепреломления, °C		
	начало	среднее значение	окончание
Кукурузный обычный	62	66	70
Кукурузный восковидный	63	68	72
Кукурузный высокоамилозный (55 % амилозы)	67	80	Отдельные зерна до 100 °C
Сорго зерновое	68	73,5	78
Сорго восковидное	67,5	70,5	74
Ячменный	51,5	57	59,5
Рисовый	68	74,5	78
Ржаной	57	61	70
Пшеничный	59,5	62,5	64
Гороховый	57	65	70
Картофельный	58	62	66
Картофельный после влаготермической обработки	65	71	77
Тапиока	52	59	64

По другим данным эти показатели несколько изменяются, например, для пшеничного крахмала — 60—80 °C, для рисового — 70—80 °C. Величина крахмальных зерен — 2—150 мкм, картофельного крахмала — 15—100, кукурузного — 15—100, пшеничного — 2—30, рисового 3—8 мкм [20].

Растворы крахмала в воде оптически активны:  $[\alpha]_D^{20} = 180—210^\circ$ . Плотность безводного крахмала: картофельного 1633—1648, кукурузного — 1591—1632 кг/м<sup>3</sup> (для расчетов — 1650 кг/м<sup>3</sup>). Масса 1 м<sup>3</sup> картофельного крахмала влажностью 20 % — 650 кг. Удельная теплоемкость безводного картофельного крахмала 1089—1214, кукурузного 1867, пшеничного 1842 Дж/кгК.

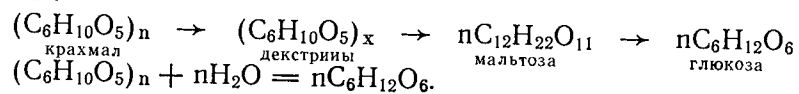
Крахмал — белый аморфный порошок. Обычно содержит 10—20 % связанной воды, которую можно удалить высушиванием при 100—110 °C. Высушенный крахмал очень гигроскопичен. С иодом дает синее окрашивание. Реакция с иодом обнаруживает даже миллионную часть крахмала в растворе.

Крахмал при быстром нагревании расщепляется до декстринов формулы  $(C_6H_{10}O_5)_x$ , где  $x$  — число глюкозных остатков в декстрине намного меньше, чем в формуле крахмала. При добавлении кислот процесс ускоряется. Тот же эффект получают при ферментативном или кислотном расщеплении крахмалов в водных растворах. В зависимости

от глубины гидролиза (температуры, концентрации и вида кислоты, ферментов) крахмал расщепляется до декстринов, мальтозы, глюкозы.

В гидролизатах различают следующие декстрины: амилодекстрины — растворяются 25 %-ным, а осаждаются 40 %-ным этиловым спиртом, с иодом дают фиолетово-синюю окраску; эритродекстрины — растворяются в 55 %-ном, а осаждаются в 65 %-ном этиловом спирте, с иодом дают красно-бурю окраску; ахродекстрины — растворяются в 70 %-ном этиловом спирте, иодом не окрашиваются; мальтодекстрины — этиловым спиртом не осаждаются, иодом не окрашиваются.

Слегка декстринизированный крахмал, дающий с иодом синюю окраску, лучше растворяющийся в воде по сравнению с обычным крахмалом, называют **растворимым крахмалом**. Гидролиз крахмала в упрощенном виде выглядит так:



В качестве растворителей крахмала используют холодную соляную, надхлорную, трихлоруксусную, сульфосалициловую кислоты, растворы  $CaCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $MgCl_2$ , щелочи, глицерин, формамид и др.

Крахмал осаждается этиловым спиртом, образует комплексы с иодом, очень легко изменяет ряд своих свойств при воздействии температуры, кислот, щелочей, солей и других химических реагентов. Основываясь на этом, разработано много видов модифицированных крахмалов (фосфатные, оксиэтилкрахмал, диальдегидный поперечно связанный, желирующий, предварительно клейстеризованный, гипохлоритный и др.).

Из картофельного крахмала можно получить отдельно амилозу (суперлозу) и амилопектин (ромалин). Для этого на крахмал действуют растворами солей  $MgSO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ , содержащих н-бутиловый спирт, при 120 °С. Затем амилозу осаждают при 70 °С, а амилопектин — при 20 °С. Качество картофельного и кукурузного крахмалов показано в табл. 14, 15.

В производстве картофельного крахмала применяют процессы очистки картофеля от легких и тяжелых примесей, мойки, измельчения, выделения клеточного сока, ситования и промывки, центрифугирования и сушки.

В производстве кукурузного крахмала существует два способа: сернистокислотный и щелочной. По первому способу кукурузное зерно замачивают в 0,1—0,2 %-ном водном

#### 14. Качество картофельного крахмала в соответствии с ГОСТ 7699—78 «Крахмал картофельный»

Показатели	Норма для крахмала			
	Экстра	Высший	Первый	Второй
Цвет	Белый с кристаллическим блеском	Белый с кристаллическим блеском	Белый	Белый с сероватым оттенком
Запах крахмала, предназначенного для пищевых целей	Свойственный крахмалу, без постороннего запаха			
Массовая доля влаги, %	17—20	17—20	17—20	17—20
Массовая доля общей золы в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,30	0,35	0,50	1
в том числе:				
Золы (песка), нерастворимой в 10 %-ной соляной кислоте, %, не более	0,03	0,05	0,10	0,30
Кислотность — расход 0,1 н раствора NaOH на иейтрализацию 100 г сухого вещества, мл, не более	6	10	14	20
Количество крапни на 1 дм <sup>2</sup> поверхности крахмала при рассмотрении невооруженным глазом, шт., не более	60	280	700	Не нормируется
Массовая доля сернистого ангидрида (SO <sub>2</sub> ), %, не более	0,003	0,005	0,005	0,005
Примеси других видов крахмала	Не допускаются			

Примечание. Крахмал второго сорта предназначается для технических целей или промпереработки.

растворе сернистой кислоты при 48—50 °С в течение двух суток, зерно промывают, грубо измельчают, выделяют зародыш, тонко измельчают, промывают крахмал на ситовых аппаратах, отделяют от мелкой и крупной мезги, глютена (на сепараторах), промывают на вакуум-фильтрах, центрифугируют, высушивают или перерабатывают на крахмалопродукты. По второму способу кукурузу замачивают в водном растворе щелочи, промывают, измельчают, крахмал выделяют и промывают на ситовых аппаратах, центрифугируют, высушивают или направляют без высушивания на переработку.

Крахмал следует герметично упаковать и хранить при относительной влажности воздуха не более 75 %.

Крахмал широко применяется в пищевой промышленности, производстве антибиотиков, витаминов, в текстильной,

15. Качество кукурузного крахмала в соответствии с ГОСТ 7697—82  
«Крахмал кукурузный»

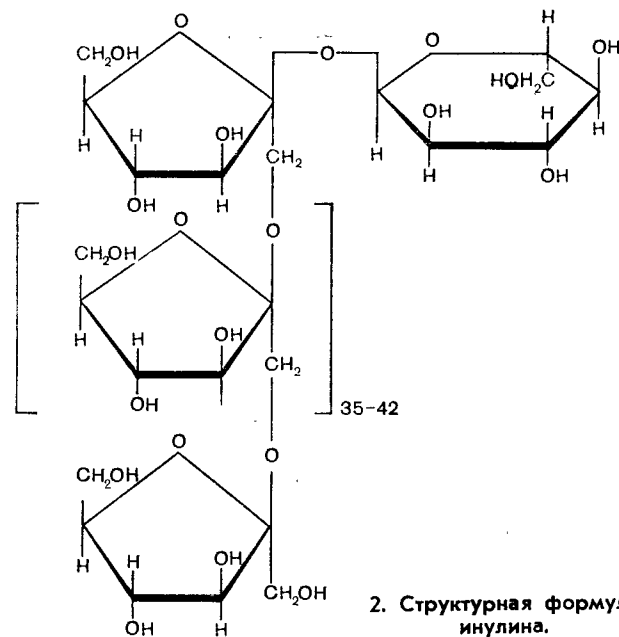
Показатели	Норма для крахмала		
	кукурузного		кукуруз- ного ами- лопекти- нового
	высший сорт	первый сорт	
Внешний вид	Однородный порошок		
Цвет	Белый с желтоватым оттенком		оттенком
Запах	Свойственный крахмалу, без постороннего запаха		
Массовая доля влаги, %, не более	13	13	16
Массовая доля общей золы в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,20	0,30	0,20
в том числе:			
зола нерастворимая в 10 %-ной соляной кислоте (в крахмале для пищевых целей), %, не более	0,04	0,06	—
Кислотность — расход 0,1 и раствора NaOH на нейтрализацию 100 г сухих веществ, см³, не более	20	25	23
Массовая доля протеина в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,8	1,0	1,0
Массовая доля сернистого ангидрида, %, не более	0,008	0,008	0,008
Количество крапин на 1 дм² ровной поверхности крахмала при рассмотрении невооруженным глазом, шт., не более	300	500	400
Примеси других видов крахмала	Не допускаются		
Остаток после ситования 1 дм³ суспензии, содержащей 100 г крахмала, через шелковое сито № 67 или капроновое № 73, в пересчете на сухое вещество крахмала, %, не более	—	—	0,1
Цветная реакция с иодом	—	—	От красной до фиолетовой

Примечание. При хранении допускается увеличение влажности кукурузного крахмала до 14 %.

нефтяной, бумажной и других отраслях промышленности народного хозяйства.

### Инулин

**Фруктаны** — резервные полисахариды растений, состоящие из остатков D-фруктозы. Известны два типа фруктанов: инулин и флеан. Инулин (рис. 2) состоит примерно из 35—42 остатков D-фруктозы (до 96 %), связанных



$\beta$ -2,1-связью, и остатков D-глюкозы (до 6 %). Найден во многих растениях: артишоке, георгине, одуванчике, ромашке, лопухе, топинамбуре, цикории и др. [32].

Флеан найден в злаковых растениях. Он содержит остатки D-фруктозы в фуранозной форме со связями  $\alpha=2 \rightarrow 6$ . Строение флеана полностью не выяснено.

Инулин различного происхождения отличается неоднородностью состава, например, из георгин содержит 2—3 остатка D-глюкозы. В состав инулина входят полимеры D-фруктозы аналогичного строения, но с меньшей молекулярной массой (5000—6000) — инулиды.

Инулин — бесцветные кристаллы ( $\beta$ -инулин) или белый аморфный порошок ( $\alpha$ -инулин). Инулин, полученный кристаллизацией в воде, хуже растворяется в воде, чем инулин, осажденный спиртом. Растворимость в воде повышается при обработке инулина окисью углерода или ацетамидом [31]. В горячей воде инулин растворяется хорошо.

При взаимодействии с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  инулин образует комплексы и осаждается из растворов. Удельное вращение инулина  $[\alpha]_D = -40^\circ$ . Он образует вязкие растворы. Инулин — невосстанавливающий полисахарид, не дающий с иодом окраски. Легко расщепляется до D-фрук-

16. Характеристика инулина, %

Вид инулина	Выход инулина, к массе углеводов сока	Содержание влаги	Содержание золы	Содержание редуцирующих веществ после гидролиза
Инулин георгины	62,7	8,63—9,02	0,15; 0,27	100,7; 99,4
Инулин топинамбура	12,2	14,36	0,125	101,7
Инулин кок-сагыза	31,4	12,39	0,095	100,2

тозы, D-глюкозы и ди — D-фруктозоангидридов при нагревании в присутствии неорганических и органических кислот, ферментов  $\beta$ -фруктофуранозидаз (инвертаз). Специфические ферменты называют инулазами (инулиназами), например, инулосахараза. При неполном гидролизе инулина образуется дисахарид инулиобиоза (1— $\beta$ —D-фруктофуранозилфруктоза).

Инулин получают из корнеплодов растений путем мойки их, измельчения, экстрагирования теплой водой, вымораживания экстракта или осаждения спиртом. Он легко усваивается человеком и животными. Используется как сырье для получения фруктозы, в медицине, бродильной и пищевой промышленности.

Наиболее хорошим сырьем для получения инулина фруктозы являются клубни георгины, корни кок-сагыза. Выход инулина из клубней топинамбура и корней цикория обычно небольшой. Инулин выделяется при охлаждении горячих соков (экстрактов), полученных из измельченного сырья.

Сок инулиноносков, содержащий 25—26 % СВ, нагревали до 80 °С, очищали активным углем 10—15 мин, фильтровали, охлаждали до +2+4 °С. Осадок растворяли в горячей воде, снова очищали активным углем, фильтровали, охлаждали [28]. Полученный таким способом инулин характеризовался следующими показателями (табл. 16).

При гидролизе инулина серной кислотой под давлением 0,3 МПа за 30 мин при 100 °С образуется 35,4 % редуцирующих сахаров (в основном фруктозы), при 130 °С — 59,3 и при 145 °С — 98,8 %. Гидролиз 0,5 %-ной соляной кислотой при 80 °С в течение 35 мин дает почти полный гидролиз полисахаридов.

При гидролизе инулина ферментом инулазой максимальная активность фермента наблюдалась при рН 3,5—3,7. Инвертаза лучше расщепляет инулин при рН 3,9.

Проведение кислотного гидролиза инулина в мягких условиях сопровождается образованием дисахарида инулиобиозы, по сладости напоминающего сахарозу, с молекулярной массой 336 и углом вращения в воде  $[\alpha]_D = -72,4^\circ$ .

Сок топинамбура содержит значительное количество (до 60 % растворимых в воде) фруктозанов с различной растворимостью в воде. Свободная сахароза входит в состав всех фруктозанов. Обнаружены в соке: диангидрид фруктозы, три- и тетрасахариды (1-кестоза, 6-кестоза, неокестоза), пентосахариды.

Описаны свойства фруктозанов I, II, III групп: аспарагозы (корни спаржи), синистрина (морской лук), грамини-на (рожь), флеана (корни тимopheевки), авенарина (овес), иризина (корни ириса), тритицина (корни пырея).

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

### САХАРОЗОСОДЕРЖАЩИЕ САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

#### Сахар-песок

Сахар (сахароза,  $\alpha$ -D-глюкопиранозил — (1→2) —  $\beta$ -D-фруктофуранозид) является восстанавливающим дисахаридом и состоит из остатков D-глюкозы и D-фруктозы. Химическая формула  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Представляет собой бесцветные кристаллы моноклинической системы с температурой плавления 185—186 °С, удельным вращением  $[\alpha]_D = +66,53^\circ$ . Скрытая теплота плавления 36,84 кДж. Тепловой эффект гидратации сахарозы 12,56 кДж/моль.

Температура кипения растворов сахарозы повышается с концентрацией (при 10 % сахарозы — 100,1 °С, 50 % — 101,8 °С, 90 % — 119,6 °С) и повышением давления. Теплопроводность кристаллов сахарозы в зависимости от чистоты —  $0,25 \div 0,29$  кДж/(м·ч·град), температуропроводность —  $4,93 \cdot 10^{-4}$  м²/ч.

Сахароза — диамагнит, ей присущ пьезоэлектрический эффект. Удельная магнитная восприимчивость сахарозы 0,57. Она мало гигроскопична, но при относительной влажности воздуха 90 % увлажняется. С увеличением содержания глюкозы и фруктозы гигроскопичность увеличивается.

Карамелизация (разложение) наступает при нагревании свыше 200 °С. Хорошо растворяется в воде. Растворимость с повышением температуры возрастает. В метиловом, этиловом спиртах и неполярных растворителях не растворяется. Умеренно растворим в этилацетате, пиридине, анилине, жидком аммиаке, смесях ацетона с водой.

При воздействии кислот или ферментов ( $\beta$ -фруктофуранозидазы или инвертазы) на водные растворы сахарозы расщепляется (гидролизует) до D-глюкозы и D-фруктозы.

Со щелочами и щелочноземельными металлами образует сахараты. Сахароза — слабая кислота. Специфическая реакция сахарозы с диазоурацилом дает синее окрашивание. Декстранообразующие микроорганизмы (фермент декстран-сахараза) превращает сахарозу в декстран.

Сахар — основное природное сахаристое вещество в большинстве стран мира. Его вырабатывают из сахарной свеклы и сахарного тростника. Норма потребления сахара человеком составляет 40—50 г в сутки. В большинстве развитых стран она не выдерживается, человек потребляет 70—120 г сахара в сутки. При неоспоримой пользе углеводов, в том числе и сахара, они могут нанести вред здоровью при систематическом превышении норм потребления.

В СССР сахар-песок вырабатывают из сахарной свеклы и сахара-сырца тростникового на свеклосахарных заводах. На сахарорафинадных заводах получают сахар-песок рафинированный и сахар-рафинад. Существуют комбинированные свеклосахарорафинадные заводы. Свеклосахарное производство включает ряд сложных физико-химических процессов и является одним из наиболее трудоемких промышленных сезонных производств пищевой промышленности. Оно требует в короткие сроки (около 100 суток) переработать свеклу при максимальном извлечении из нее сахара. Сезон производства начинается в августе—сентябре, а заканчивается в декабре—феврале. Заводы средней мощности перерабатывают до 3, а крупные — до 6 тыс. т свеклы в сутки. В СССР рекомендуется оптимальная суточная производственная мощность свеклосахарных заводов 6 тыс. т перерабатываемой свеклы.

Свеклосахарный завод включает в себя ряд основных и вспомогательных отделений: свекломоечное, свеклоперерабатывающее, сокоочистительное, продуктивное, жомосушильное, известковое, ТЭЦ и др.

В качестве типовой технологической схемы производства сахара-песка из сахарной свеклы в СССР принята трехпродуктовая технологическая схема с афинацией сахара

третьего продукта, включающая очистку свеклы от посторонних примесей, получение свекловичной стружки, экстрагирование сахарозы из стружки по принципу диффузии, известково-углекислотную и сульфитационную очистку соков, сгущение соков под вакуумом [2], кристаллизацию и центрифугирование утфелей, высушивание сахара, прессование жома, использование жомопрессовой воды (рис. 3).

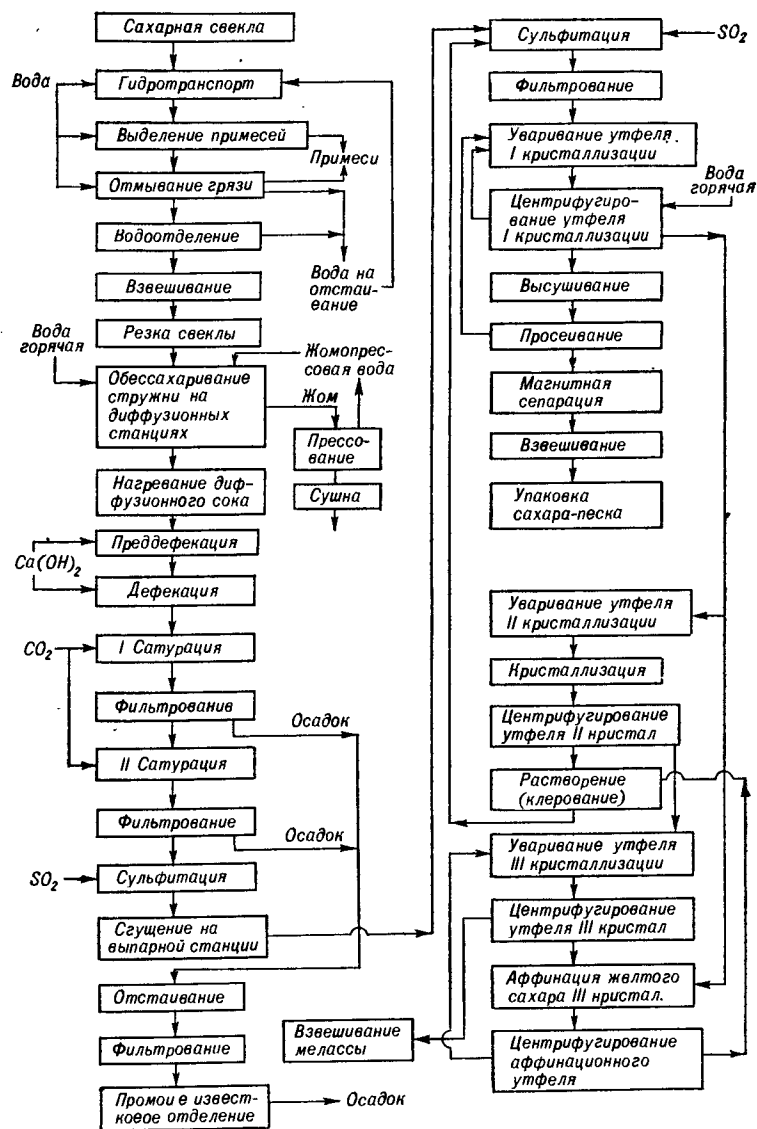
Сахарную свеклу убирают поточным или поточно-перевалочным способами. Она зачастую поступает на завод битой, сильно загрязненной ботвой, песком, землей, камнями, соломой, содержит обломки хвостиков. В зависимости от качества и количества свекла складывается в кагатах или поступает на переработку.

В заглубленные в землю железобетонные бурачные и насплавные площадки подают свеклу ухудшенного качества. Свеклу укладывают в кагаты свеклоукладчиками «Комплекс 65 МГБ» и «Комплекс 65 МЗ». Площадку под кагатное поле выбирают на возвышенности по сравнению с месторасположением завода. Она должна быть ровной, с низким залеганием грунтовых вод и твердым грунтовым покрытием. Площадка выравнивается, очищается от сорняков, обрабатывается известью-пушонкой (0,2 кг на 1 м<sup>2</sup>).

Свеклу для длительного хранения укладывают в кагаты высотой 5 м и более, средних сроков хранения — 3—4 м, краткосрочного хранения (некондиционная свекла) — не более 2 м. Соответственно уменьшается ширина основания кагата с 18—30 до 8—12 м. Длина кагатов регламентируется размерами кагатного поля и длиной гидротранспортеров. Расстояния между кагатами: длинными сторонами 10—12 м, торцами 6—8 м. Угол наклона боковых сторон кагатов около 40°. Объемная масса свеклы в кагатах составляет 0,65 т/м<sup>3</sup>. На 1 га кагатного поля можно складировать до 20 тыс. т свеклы.

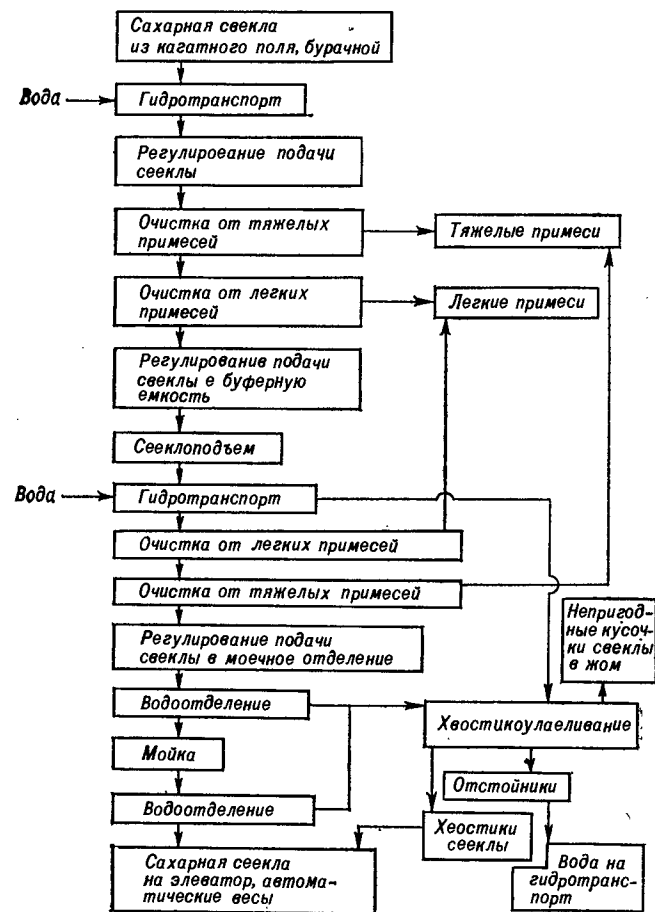
Тракт подачи сахарной свеклы на завод состоит из устройств первого каскада подачи и очистки свеклы, станции свеклоподъема и устройства второго каскада подачи и очистки свеклы [41]. Сахарная свекла из бурачной и гидротранспортеров транспортируется водой в буферную емкость, находящуюся перед лотком главного наземного гидротранспортера. Соотношение свеклы и воды составляет от 1 : 8 до 1 : 10. Свекловодная смесь поступает через вертикальную и горизонтальную решетки, пульсирующий шибер, камнеловушку, ботволовушку с пневматическим ботвоподъемником (рис. 4).

Оборудование первого каскада подачи и очистки свеклы размещают в начале главного транспортера. Далее свекло-



3. Технологическая схема производства сахара-песка из сахарной свеклы

водяная смесь проходит через оборудование второго каскада подачи и очистки свеклы: вертикальную и горизонтальную решетки, пульсирующий шибер, буферную емкость, станцию свеклоподъема, подвесной гидротранспортер с



4. Подача и очистка сахарной свеклы

прутковыми решетками и чересным переливом, пульсирующий шибер, ботволловушку с пневматическим ботвоподъемником, камнеловушку, маятниковый шибер с регулируемым грузом, вертикальную и горизонтальную решетки, пульсирующий шибер и поступает на водоотделитель моечного отделения. Затем свекла поступает в мойку, из нее — на водоотделитель. При необходимости свеклу обрабатывают раствором хлорной извести.

Пульсирующие шиберы регулируют подачу свеклы на завод в пределах 50—140 % среднечасового расхода, предотвращают заторы ее. Возле них устанавливают обычно

гидранты на случаи ликвидации заторов свеклы. Легкие примеси удаляют ленточными транспортерами. Транспортерно-моечную воду подают на хвостикоулавливатель, а из него — в отстойники. Хвостики и кусочки свеклы ленточным транспортером подаются в классификатор, после которого пригодная свекломасса поступает на переработку, а непригодная — в жом.

Описанная типовая схема подготовки и подачи свеклы включает значительное количество устройств и поэтому часто на сахарных заводах модифицирована, упрощена. Встречается компоновка оборудования первого каскада на втором каскаде.

Обычно выдерживают высоту потока свекловодяной массы в гидротранспортере 400—500 мм при расходе воды 700—800 % к массе свеклы и скорости потока не менее 1,5 м/с.

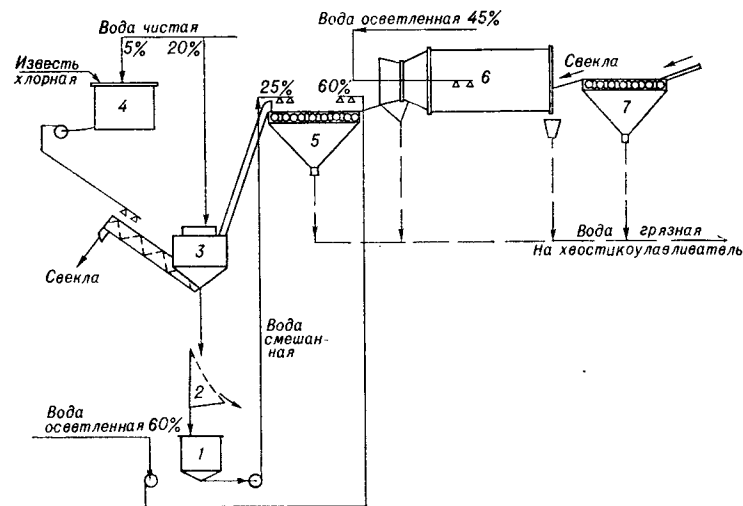
В транспортно-моечной воде поддерживают pH 10—10,5. Для этого в нее добавляют известковое молоко. Рекомендуют не реже одного раза в смену воду дезинфицировать хлорной известью, которую дозируют из расчета от 4—6,5 кг (БПК<sub>5</sub> воды 100—800) до 12—24 кг (БПК<sub>5</sub> воды 1000 и более). В зимний период добавляют теплую воду с таким расчетом, чтобы температура свекловодяной смеси не превышала 12—14 °С (при наличии смерзшихся глыб свеклы допускается 25 °С).

Для отделения от свеклы тяжелых примесей (камней, руды, железных и др. предметов) применяют ротационные камнеловушки РЗ-ПУБ, камнеловушки системы Рауде. Для отделения от свеклы соломы, ботвы устанавливают грабельные ботволушки: двухвальные, прямоугольные, треугольные и ротационные.

В моечном отделении от свеклы отделяют транспортную воду, отмывают осветленной водой загрязнения (почву), производят контрольное отделение легких (ботвы, соломы и др.) и тяжелых (камешки, песок) примесей, ополаскивают клубни чистой водой.

Для этого применяют дисковые водоотделители с резиновыми фигурными дисками, свекломойки корытного и ротационного (барабанного) типов. На водоотделителях свеклу опрыскивают осветленной водой из соплоаппарата под давлением 1 МПа.

Корнеплоды свеклы отмывают от прилипшей грязи на кулачковых моечных машинах с высоким или низким уровнем воды, комбинированных. В мойках легкие примеси всплывают и удаляются струями воды в боковой желоб, тяжелые примеси оседают в песколовушках и камнеловуш-



**5. Технологическая схема барабанной свекломойки:**  
1 — сборник смешанной воды; 2 — сито дуговое; 3 — ополаскиватель свеклы; 4 — сборник хлорной извести; 5, 7 — водоотделители; 6 — мойка барабанная

ках. Корнеплоды за счет взаимного трения легко отмываются. На заводах применяют свекломойки: КМЗ-57М, струйную, барабанную и вибродструйную. Эффект отмывания свеклы от грязи в свекломойке КМЗ-57М составляет 30 %, в струйной — 90, барабанной и вибродструйной — 97 %. В струйных мойках свекла пребывает несколько минут. Обычно расход воды на мойку свеклы на большинстве сахарных заводов составляет около 100—120 % к массе свеклы.

При использовании одно- и двухкортных свекломоек расходуют 30—70 % осветленной воды к массе свеклы, до 10 кг хлорной извести на 100 т свеклы.

При использовании ротационной (барабанной) мойки (рис. 5) сахарная свекла после водоотделения поступает во вращающийся барабан, в среднюю часть которого поступает осветленная вода. Отмытая свекла поступает на водоотделитель, где промывается чистой водой и потом поступает в ополаскиватель.

В ополаскиватель подается чистая вода и сжатый воздух. Отсюда свекла шнеком подается на переработку. Моченная вода фильтруется на щелевом сите и возвращается на ополаскивание свеклы через соплоагрегаты, установленные над водоотделителем.

Расход воды на ротационной свекломойке составляет

около 70 % к массе свеклы. Число оборотов моечного барабана — 5—7 в минуту. Давление воздуха в свеклоополаскивателе — 0,4 МПа. Длительность мойки около 4 мин. Производительность установки 3 и 6 тыс. тонн свеклы в сутки. Обычно потери свеклы до резки составляют 0,6—0,8 %.

Мытую свеклу транспортируют после мойки ковшовыми элеваторами или наклонными ленточными конвейерами в зависимости от месторасположения мойки, затем ее подают на контрольный короткий конвейер, оборудованный подвесными магнитными железоотделителями типа П-160 (ЭП-2) или П-100 (ЭП-1).

Сахарную свеклу взвешивают на автоматических порционных весах типа ДС-800 и направляют на центробежные, дисковые или барабанные свеклорезки.

Наиболее часто применяют центробежные свеклорезки с 16 двуножевыми рамами со скоростью резания 4—8 м/с при частоте вращения барабана 60—130 мин. Свекла, вращающейся улиткой свеклорезки отбрасывается на неподвижные ножи и изрезывается в стружку, выбрасываемую центробежной силой через зазор между ножом и корпусом ножевой рамки в пространство между барабаном и наружным кожухом.

Расход воды на одну свеклорезку составляет (м<sup>3</sup>/мин): центробежную — 12, дисковую — 9, барабанную — 9.

Ножи очищают сжатым воздухом или паром. Применяют безреберные (кенигсфельдские) ножи, ребристые ножи Чижека, безреберные ножи № 1011, № 3180. Свекловичная стружка может быть ромбовидной, пластинчатой, рифленой, пластовидной, квадратной, мелкой пластинчатой и мелкой ромбовидной. Здоровую свеклу изрезают в желобчатую и мелкую ромбовидную стружку, а подмороженную и подгнившую — в толстую ромбовидную и рифленую пластовидную стружку. Качество ромбовидной стружки выше желобчатой и пластинчатой; оно определяется длиной 100 г стружки (число Сирина), отношением массы стружки длиной более 5 см к массе стружки длиной менее 1 см (шведский фактор), содержанием брака (неразрезанные гребешки и стружка короче 5 мм или тоньше 0,5 мм). Содержание брака в стружке не должно превышать более 3 %, длина 100 г свекловичной стружки 9—15 м. Шведский фактор стружки должен быть не менее 8. В желобчатой стружке должно быть не менее 55 % желобков к массе стружки, а в пластинчатой — не менее 55 % пластинок.

Стружку желобчатого и ромбовидного профиля получают на свеклорезках любого типа, а пластинчатого и мелко-квадратного профиля — только на центробежных.

Величина зазора между ножом и контрольной пластинкой составляет 3—14 мм и зависит от типа ножа, качества свеклы и ее загрязненности.

Для ребристых ножей при переработке чистой свежей или вялой свеклы выдерживают зазор 3—5 мм, а для загрязненной и мерзлой свеклы — 4—7 мм. Для безреберных ножей зазор увеличивают соответственно до 5—6 и 6—10 мм, а для сильно загрязненной или деревянистой свеклы — до 8—14 мм [41].

Свекловичную стружку подают в диффузионную установку ленточным или гребельным конвейером. На ленточном конвейере устанавливают автоматические весы.

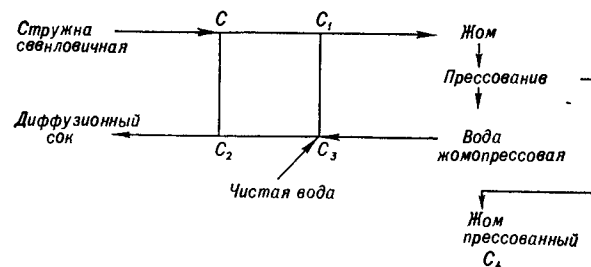
Технологические схемы диффузионных установок предусматривают *получение диффузионного сока* путем экстрагирования сахарозы и других сопутствующих веществ свекловичной стружки горячей водой.

При этом отбирают около 120 % сока к массе свеклы, а в стружке теряют от 0,20 до 0,40 % сахарозы. При переработке свеклы ухудшенного качества потери сахарозы увеличиваются в несколько раз.

Извлечение сахарозы из свекловичной стружки осуществляют по принципу противоточной диффузии в колонных, наклонных шнековых и ротационных диффузионных установках непрерывного действия (рис. 6). Диффузия сахарозы из свекловичной ткани в экстрагент (воду) описывается уравнением первого закона Фика:

$$S = - \frac{D \cdot F \cdot \tau (C - c)}{x},$$

где  $S$  — количество сахарозы;  $C, c$  — концентрация сахарозы в начале и в конце слоя экстрагента;  $D$  — коэффициент диффузии сахарозы в воде;  $\tau$  — длительность диффузии;  $x$  — путь диффундирования (толщина слоя).



6. Схема противоточного обессахаривания свекловичной стружки ( $C, C_2, C_1, C_3, C_4$  — концентрация сахарозы соответственно в стружке, диффузионном соке, жоме, экстрагенте, прессованном жоме)



Чистая и жомотрессовая вода с незначительной концентрацией сахарозы  $C_3$  перемещается навстречу стружке, экстрагирует из нее сахарозу и часть примесей, а на выходе из диффузионного аппарата превращается в диффузионный сок с концентрацией сахарозы  $C_1$ .

Концентрация сахарозы в стружке  $C$  по мере перемещения по длине диффузионного аппарата уменьшается и достигает значения  $C_2$  в жомотрессе.

После прессования жома получают жомотрессовую воду с концентрацией сахарозы  $C_3$ , равной разности концентрации сахарозы в неотжатом  $C_2$  и прессованном  $C_4$  жомотрессе.

В ходе диффузии сахарозы из стружки в диффузионный сок переходят сахара: аминный и аммиачный азот — 95 %, оксид кальция — 10,  $P_2O_5$  — 75—80, общий азот, оксиды калия, натрия, магния — 60—70 %. В сок из стружки переходит 30 % белка. Эффект очистки сока на диффузии составляет 10—15 %.

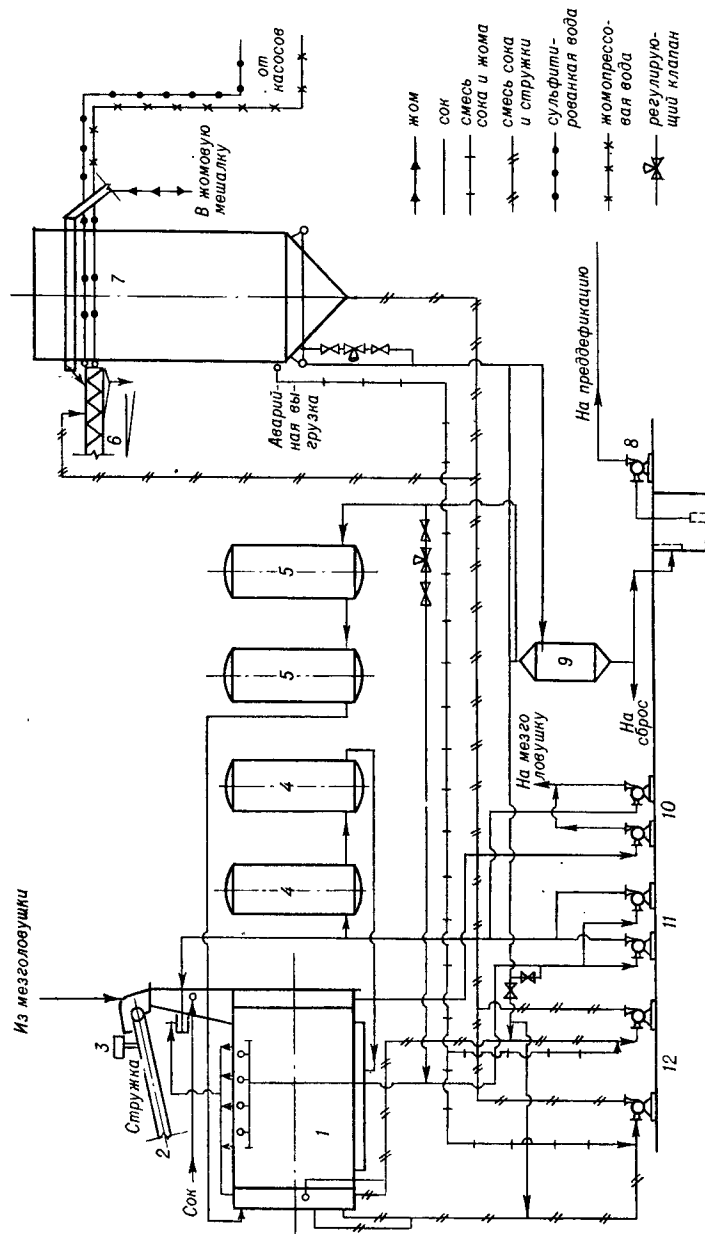
Колонные диффузионные установки (КДА-15-58, КДА-25-59, КДА-66) широко распространены на свекло-сахарных заводах (рис. 7).

Свекловичная стружка загружается в загрузочную шахту ошпаривателя 1, в котором горячий сок денатурирует протоплазму клеток. Стружка ошпаривается диффузионным соком при 72 °С в греющей части ошпаривателя, а затем в мешалке при 85 °С 300 % сока к массе свеклы. Соко-стружечная смесь из ошпаривателя (400 % к массе свеклы) с температурой 75 °С подается насосом 12 через распределитель в колонный диффузионный аппарат 7 и перемещается снизу вверх.

Стружка в колонне перемешивается и обессахаривается встречными потоками ниспадающего вниз сока, выгружается в желоб кольцевого скребкового транспортера. Затем она поступает в шнек-водоотделитель 6, а из него — в жомотрессы.

Жомотрессовая вода проходит мезголовушку с прессом, нагревается в теплообменнике до 85—90 °С, отстаивается и подается в диффузионный аппарат через теплообменник охлажденной до 72—75 °С. Свежая вода с температурой 72 °С сульфитируется до pH 5,5—6 и поступает в КДА. Жомотрессовую и свежую воду подают в КДА отдельно или совместно. Для улучшения качества воды в нее добавляют формалин и неаммонизированный суперфосфат (0,01—0,05 % к массе свеклы).

Диффузионный сок (420 % к массе свеклы) выходит из КДА через ситчатые контрлапы, сито и ситовой пояс на песколовушку 9 и разделяется на два потока: один поток



7. Технологическая схема диффузионной установки КДА с горизонтальным ошпаривателем типа «О»:

1 — ошпариватель; 2 — конвейер ленточный; 3 — весы ленточные; 4, 5 — подогреватели; 6 — шнек; 7 — колонна диффузионная; 8, 10, 11, 12 — насосы; 9 — песколовушка

(300—350 % к массе свеклы) нагревается в подогревателях 5 и поступает в ошпариватель для смешивания со свежей стружкой, другой поток (120 % к массе свеклы) отбирается насосом поперечного потока, прокачивается через подогреватели и поступает в распределительный коллектор ошпаривателя и на пеногаситель в шахту ошпаривателя.

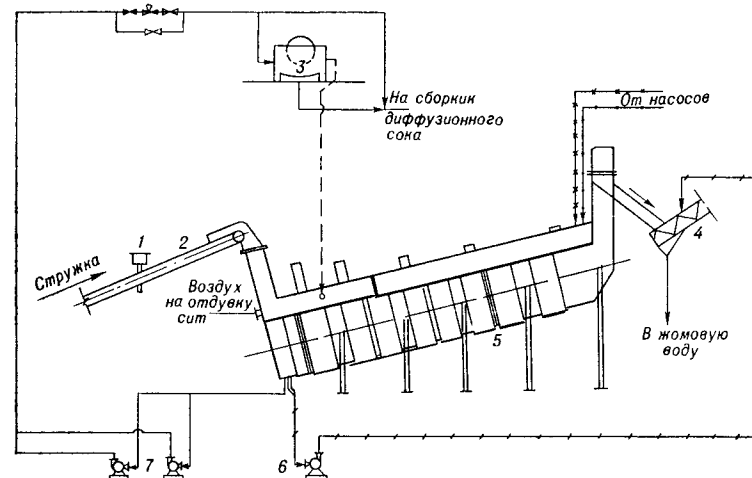
Через лобовое сито ошпаривателя диффузионный сок отводится насосом 12 в мезголоушку, а из нее — на преддефектор. Мезга с пеной поступает в шахту или мешалку ошпаривателя. Технологические параметры колонной диффузионной установки:

Качество свекловичной стружки:	
длина 100 г, м	— 10—13
содержание мезги, %, не более	— 3
Потери сахарозы в жоме, % к массе свеклы	— 0,25—0,40
Отбор диффузионного сока, % к массе свеклы	— 120
Расход воды, % к массе свеклы	— 90—105
Температурные показатели, °С:	
сока поперечного потока после подогревателей	— 78—80
башенного сока после подогревателей	— 78—90
сульфитированной воды	— 65—70
жомопрессовой воды в колонну	— 70—75
средняя температура по колонне	— 70—72
Расход 50 %-ого раствора формалина, % к массе свеклы	— 0,01

**Наклонная шнековая диффузионная установка типа ДДС (ДДС-30).** Технологическая схема наклонной шнековой диффузионной установки (рис. 8) включает в себя следующее оборудование и процессы. Свекловичная стружка ленточным конвейером 2 после взвешивания на автоматических ленточных весах 1 подается в шахту наклонного диффузионного аппарата 5. Сюда же в верхнюю часть поступает сульфитированная горячая вода, а несколько ниже — горячая жомопрессовая вода. Сок движется вниз навстречу поднимающейся свекловичной стружке и отбирается насосами 7 через сита из нижней части аппарата 5. Жом из аппарата поступает в шнек-водоотделитель 4, а из него конвейерами — на жомовые прессы. Сок поступает на мезголоушку 3, преддефекатор.

Технологические параметры наклонной шнековой диффузионной установки типа ДДС:

Качество свекловичной стружки:	
длина 100 г, м	— 9—12
содержание мезги и брака, %, не более	— 3,0
Потери сахарозы в жоме, % к массе свеклы	— 0,25—0,40
Отбор диффузионного сока, % к массе свеклы	— 120



8. Технологическая схема диффузионной установки типа ДДС:

1 — ленточные весы; 2 — конвейер; 3 — мезголоушка; 4 — шнек водоотделитель; 5 — диффузионный аппарат; 6, 7 — насосы

Расход воды, % к массе свеклы	— 95—110
Давление греющего пара, МПа	— 0,03—0,07
Температурные показатели, °С:	
сульфитированной воды	— 65—68
жомопрессовой воды	— 70—75
сокостружечной смеси по длине аппарата по зонам:	
I	— 68—72
II	— 72—74
III	— 72—74
IV	— 65—68
Расход 40 %-ого раствора формалина, % к массе свеклы	— 0,01
Расход пеногасителя (дисперсии соапстока), % к массе свеклы	— 0,001—0,01

В диффузионном соке должно содержаться не более 1 г/л мезги. Для этого ротационные мезголоушки оснащаются плетеными ситами с ячейками до 1×1 мм. Регенерацию сит производят сжатым воздухом при давлении не ниже 0,3 МПа.

Подготовка воды для диффузионной установки занимает важное место. Используют обычно всю жомопрессовую воду, сульфитированные конденсаты вторичных паров выпарной станции, сульфитированную барометрическую воду.

При переработке свеклы пониженного качества рекомендуется добавлять в сульфитированную воду неаммонизиро-

ванный суперфосфат или алюминий сернокислый (глинозем).

Воду сульфитируют в сульфитаторах оросительного или жидкостно-струйного типа для свеклы нормального качества до pH 6,2—6,6, для свеклы ухудшенного качества до pH 7—7,2. Расход серы на 100 т свеклы составляет 10—20 кг, сернокислого алюминия — 30 кг, а неаммонизированного суперфосфата — 30—50 кг. Жомопрессовую воду после жомоотжимных прессов очищают на ротационных мезголовушках с прессом или на гравитационном шелевом сепараторе. Затем ее нагревают в трубчатом теплообменнике и пароконтактном подогревателе, отстаивают в отстойнике, подают в теплообменник, а затем — в диффузионный аппарат.

При переработке свеклы низкого качества жомопрессовую воду с доброкачественностью ниже 55 % в диффузионную установку возвращать не рекомендуется. Для приготовления и ввода формалина в диффузионную установку помещают резервуар формалина, насос, расходный бак, дозатор. Оборудование должно быть герметичным.

Пеногаситель (соапсток — отход маргаринового производства) используют в виде 10 %-ной водной дисперсии, которую готовят в емкости (1,5—2 м³) с мешалкой (1500 об./мин), паровым барботером. На 10 кг соапстока вводят 89 л конденсата с температурой 65—70 °C и 1 кг стружки хозяйственного мыла в качестве эмульгатора. Дисперсия после перемешивания при 65—70 °C должна быть белой — молокообразной, не расслаивающейся 2—3 суток. Дополнительное перемешивание дисперсии производят путем перекачивания ее «на себя» 30 мин насосом (2900 об./мин).

С целью создания стерильных условий диффузионного процесса ежемесячное свеклоперерабатывающее отделение дезинфицируют 1 %-ным раствором хлорной извести или известковым молоком.

**Очистка соков.** В диффузионный сок из свеклы переходит до 98 % сахарозы, 80 % растворимых несахаристых веществ (белков, пектинов, сапонинов, органических кислот и минеральных элементов), до 1 г/л мезги. Несахаристые вещества и мезгу максимально удаляют, что повышает выход и качество сахара. Для этого сок 2—4 раза обрабатывают раствором гидроксида кальция (известковым молоком), 2—4 раза — диоксидом углерода (сатурируют), удаляют осадок углекислого кальция фильтрованием [41], 1—2 раза обрабатывают диоксидом серы (сульфитируют).

Диффузионный сок нагревают в теплообменниках до 85—90 °C и смешивают со щелочным соком I сатурации

(100—150 % к массе свеклы) и соком основной дефекации (15—30 % к массе свеклы). При этом коагулирует часть белковых и пектиновых веществ (pH сока 10,8—11,6).

Разработано несколько технологических схем очистки сока. Типовая технологическая схема применима для очистки соков, полученных из свеклы любого качества. В ней можно изменять температуры процессов, количество возврата сгущенной суспензии, pH соков на преддефекацию, длительность холодной и горячей основной дефекации и дефекации перед II сатурацией, количество и место ввода известкового молока, количество рециркулируемого сока на I сатурации.

При переработке свежей и хранившейся кондиционной сахарной свеклы с повышенным содержанием редуцирующих веществ (более 0,1 %) и общего азота (более 0,2 %) рекомендуют проводить очистку сока по схеме: прогрессивная известковая преддефекация (холодная или теплая) с возвратом сгущенной суспензии, холодная или теплая ступень основной дефекации, подогрев, горячая ступень основной дефекации, I сатурация с рециркуляцией сока, фильтрование или отстаивание с предварительным подогревом и получением сгущенной суспензии и фильтрованного, осветленного соков, дефекация перед II сатурацией, II сатурация, фильтрование. Известковое молоко вводится на прогрессивную преддефекацию, I ступень основной дефекации, I сатурацию, дефекацию перед II сатурацией.

Для переработки кондиционной сахарной свеклы с содержанием редуцирующих веществ не более 1 % и общего азота не более 0,2 % рекомендуют применять схему очистки, несколько отличную от вышеописанной.

Преддефекованный сок с известковым молоком нагревают и подают на горячую ступень основной дефекации. Известковое молоко на I сатурацию не вводят. На дефекацию перед II сатурацией вводят 0,2 % CaO к массе свеклы. Длительность горячей ступени основной дефекации и дефекации перед II сатурацией устанавливают минимальной, с таким расчетом, чтобы сок имел хорошие фильтрационные свойства и был термоустойчивым.

При переработке частично порченной и долго хранящейся свеклы, не пораженной слизистым бактериозом, можно применять определенные технологические изменения в очистке соков. Проводят холодную и сокращенную горячую дефекацию или сокращенную (3—5 мин) горячую дефекацию, I сатурацию с рециркуляцией сока (при ухудшенной фильтрации вводят 0,2—0,4 % CaO к массе свеклы). Перед отстойниками вводят раствор активированного полиакрил-

амида. В осветленный сок I сатурации перед насосом добавляют известковое молоко, нагревают сок в подогревателях и направляют на defeкацию перед II сатурацией. Дефекацию проводят в течение 2—5 мин. Вторую сатурацию осуществляют до оптимального pH. Фильтрованный сок сульфитируют, фильтруют, концентрируют.

При переработке низкокачественной сахарной свеклы с корнеплодами, пораженными слизистым бактериозом, необходимо применять схему очистки соков с холодной или теплой преддефекацией и возвратом осадка II сатурации в количестве, обеспечивающем хорошую фильтрацию.

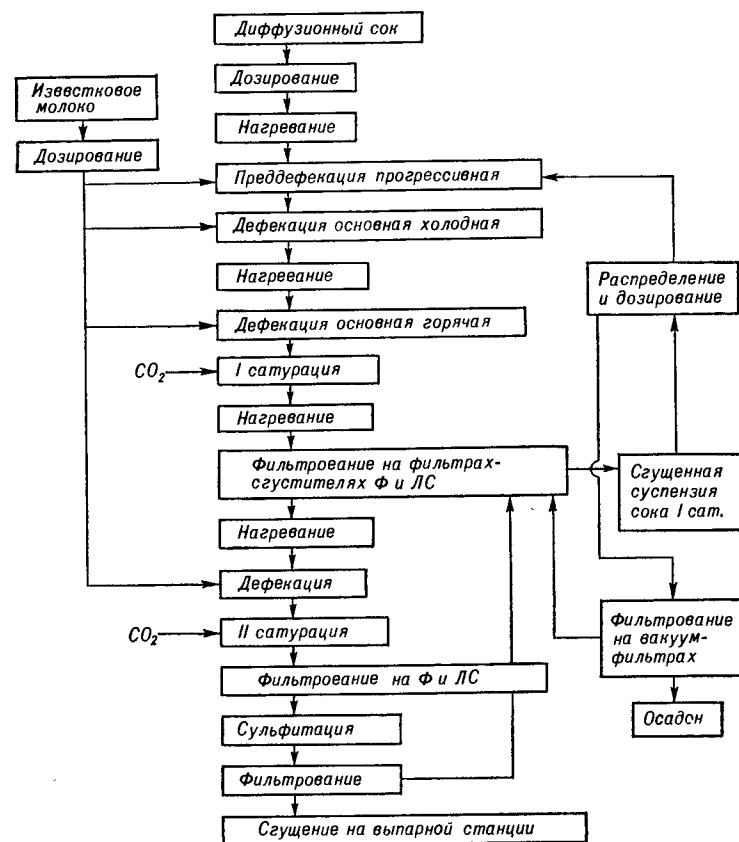
Известковое молоко на преддефекацию не вводят, а суспензию или осадок, возвращаемые на преддефекацию, не подщелачивают. Проводят холодную defeкацию или, подогрев сок, defeктосатурацию с рециркуляцией сока. Известковое молоко вводят в переливную коробку преддефекатора или перед I сатуратором. На отстойники дают раствор активированного полиакриламида. Осветленный сок I сатурации нагревают и подают на defeкацию перед II сатурацией. При этом на defeкацию длительностью 2—5 мин расходуют 10—30 % известки от общего ее расхода на очистку соков.

Типовая технологическая схема очистки диффузионного сока с фильтрами-сгустителями. Диффузионный сок дозируют регулирующим клапаном, нагревают, вводят в преддефекатор прогрессивного действия, в последнюю зону которого дозируют известковое молоко (рис. 9).

В зону с pH 8—9,5 добавляют через регулирующий клапан сгущенную суспензию сока I сатурации. Затем сок самотеком поступает в холодную ступень основной defeкации. Известковое молоко вводят в переливную коробку преддефекатора или во входной трубопровод сока в defeкатор.

Сок насосом прокачивают через подогреватели и вводят в аппарат горячей ступени основной defeкации, а отсюда он самотеком поступает на I сатурацию. В переливной коробке defeкатора к соку добавляют известковое молоко.

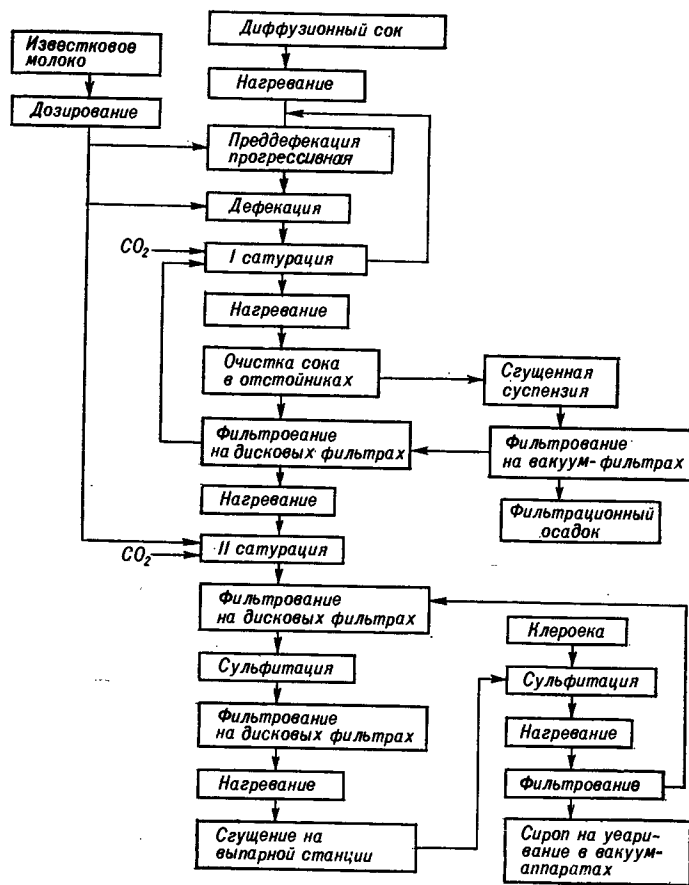
Из аппарата I сатурации сок попадает на подогреватели, напорный сборник и фильтруется на листовых фильтрах-сгустителях ФиЛС. Фильтрованный сок с порцией известкового молока насосом подается через подогреватели в аппарат defeкации перед II сатурацией, а из него самотеком в аппарат II сатурации. После этого суспензию сока перекачивают на листовые фильтры-сгустители ФиЛС и фильтрованный сок II сатурации поступает на сульфитатор.



9. Типовая технологическая схема очистки диффузионного сока и сиропа с фильтрами-сгустителями

Сульфитированный сок фильтруют на дисковых фильтрах, направляют в сборник сока перед выпарной станцией. Сироп после выпарной станции совместно с клеровкой желтых сахаров сульфитируют, прокачивают насосом через подогреватели, фильтруют на дисковых фильтрах и подают в сборники перед вакуум-аппаратами.

Сгущенную суспензию сока I сатурации из фильтров-сгустителей направляют в сборник, из него насосом — в распределительный сборник, затем часть суспензии дозируют в преддефекатор, а оставшуюся суспензию подают на вакуум-фильтры, из которых фильтрационный осадок сбрасывают в сборник-мешалку и удаляют, а фильтрат с ваку-



10. Технологическая схема очистки диффузионного сока с горячей дефекацией

ум-сборника направляют в напорный сборник перед фильтрами-сгустителями сока I сатурации.

Сгущенная суспензия из фильтров-сгустителей сока II сатурации попадает в сборник, а из него откачивается в напорный сборник перед фильтрами-сгустителями сока I сатурации.

Осадок с фильтров сульфитированного сока и сиропа поступает в сборник, а затем откачивается насосом на фильтры-сгустители сока II сатурации.

Типовая технологическая схема очистки диффузионного сока с отстойниками. По данной схеме диффузионный сок очищают аналогично

типовой схеме с фильтрами-сгустителями до I сатурации включительно.

Суспензию сока I сатурации насосом направляют через подогреватели в распределительный сборник. Сюда же при необходимости дозируют активированный раствор флокулянта. Суспензия самотеком поступает в отстойники.

Сгущенная суспензия из отстойников откачивается в сборник и через расходомер поступает на преддефектор и вакуум-фильтры. Фильтрат с вакуум-фильтров и осветленный сок с отстойников насосами подают на контрольную фильтрацию на дисковых фильтрах (или без фильтрации), добавляют известковое молоко, нагревают и вводят в аппарат дефекации перед II сатурацией.

Затем суспензия направляется в аппарат II сатурации и далее поступают так же, как и в первой типовой схеме очистки. Осадок после контрольных фильтров передают в сборник нефилтрованного сока I сатурации.

Технологическая схема очистки диффузионного сока с горячей дефекацией. Диффузионный сок со сборника направляют насосом через подогреватели на прогрессивную преддефекцию, куда дозируют известковое молоко и возвращают суспензию сока I сатурации (рис. 10).

Суспензия самотеком поступает из переливной коробки преддефектора совместно с дозируемым известковым молоком в дефектор, а из него — в аппарат I сатурации. Из переливной коробки I сатуратора часть суспензии возвращается в преддефектор, другая насосом направляется через подогреватели в отстойники.

Сгущенная суспензия из отстойников насосами откачивается на вакуум-фильтры, откуда фильтрационный осадок удаляется в сборник-мешалку, а из него — на очистные сооружения сточных вод.

Осветленный сок из отстойников и фильтрат из вакуум-фильтров фильтруют на дисковых фильтрах и насосом через подогреватели вводят в аппарат II сатурации.

В трубопровод сока перед аппаратом вводят известковое молоко. Осадок с дисковых фильтров подают в сборник нефилтрованного сока I сатурации.

После II сатурации сок фильтруют на дисковых фильтрах, сульфитируют, снова фильтруют на дисковых фильтрах, направляют в сборник, а из него насосом перекачивают на выпарную станцию. Сироп совместно с клеровкой сульфитируют, нагревают, фильтруют, откачивают в сборники перед вакуум-аппаратами. Осадки с фильтров откачивают на фильтры сока II сатурации. Технологические регламен-

ты процессов очистки диффузного сока и сиропа следующие.

**Предварительная дефекация.** Для оптимального осаждения несахаров на преддефекации в сок необходимо добавить 0,2—0,3 % СаО к массе свеклы в течение 20—30 мин при перемешивании.

Для получения крупнозернистого осадка применяют прогрессивную преддефекацию. Известковое молоко добавляют с определенной скоростью, не приводящей к появлению новых коллоидных агрегатов, позволяющей укрупнять уже имеющиеся частицы. При этом вводят на 20—30 % больше гидроксида кальция, чем нужно для оптимального ведения процесса.

На преддефекации частично протекают реакции коагуляции и осаждения несахаров, нейтрализации кислот и осаждения солей кальция. Большая часть высокомолекулярных соединений переходит в осадок. Частично осаждаются щавелевая, лимонная, яблочная, винная, фосфорная, серная кислоты. Эффект очистки сока составляет на преддефекации — 9—12 %.

В аппаратах предварительной дефекации (горизонтальных РЗ-ППД и вертикальных) поддерживают  $pH_{20}$  преддефекованного сока равным 10,8—11,2. Скорость отстаивания частиц должна быть в пределах 1,5—3 см/мин. Для этого процесс осуществляют при холодной преддефекации (40—50 °С) в течение 20—30 мин, при теплой (50—60 °С) — 12—15 мин, горячей (вертикальные преддефекаторы) — 5—7 мин.

Количество возвращаемых в преддефекатор сгущенных суспензий составляет 10—20, а сока I сатурации — 30—100 % к массе свеклы. Рекомендуют устанавливать следующее  $pH_{20}$  по секциям горизонтальных преддефекаторов от первой до последней: для шестисекционного аппарата — 7,8; 8,3; 8,8; 9,5; 10,2; 11; для восьмисекционного аппарата — 7,2; 7,7; 8,2; 9,3; 10; 10,5; 11. Допустимое отклонение  $pH_{20}$  =  $\pm 0,2$ .

**Основная дефекация.** На основной дефекации заканчиваются реакции разложения ряда органических веществ (амидов кислот, солей аммония, редуцирующих веществ, анионов кислот).

Основная дефекация может быть холодной (менее 50 °С), теплой (50—60 °С), горячей (85—90 °С) в зависимости от качества перерабатываемой свеклы. Рекомендуют проводить основную дефекацию в две стадии: первую — холодную (в течение 20—30 мин) введением 70—80 % гидроксида кальция от всего количества, предназначенного для

дефекации, вторую — горячую (в течение 10—15 мин) введением 20—30 % гидроксида кальция.

На дефекации протекают более сложные химические превращения веществ. Соли аммония и амиды кислот (аспарагин, глутамин и др.) гидроксидом кальция расщепляются до аммиака, а в растворе при этом накапливаются растворимые соли кальция, образуется щавелевая кислота, превращающаяся в оксалат кальция, выпадающий в осадок, из алантоина — мочевины, распадающаяся в свою очередь на аммиак и углекислый газ. Редуцирующие вещества продуцируют органические кислоты, которые в ходе щелочной енолизации дают красящие вещества. Пектин разлагается до метилового спирта, уксусной и пектиновой (полигалактуроновой) кислот.

Пектиновая кислота дает пектат кальция — трудноотфильтровываемый слизистый осадок. Белки частично расщепляются до растворимых полипептидов.

Комбинированная холодно-горячая дефекация позволяет максимально разложить несахара и получить сок с меньшей цветностью. Оптимальная длительность ее 15—20 мин. На основную дефекацию могут возвращать до 100 % к массе свеклы сока I сатурации или сгущенной суспензии.

При переработке некондиционной свеклы процесс дефекации исключают из схемы очистки сока. Аппараты для холодной, теплой и горячей ступеней дефекации обеспечивают повышенную растворимость извести, надлежащую очистку соков и их термоустойчивость. Длительность проведения холодной, теплой и горячей ступеней дефекации зависит от качества диффузионного сока (свеклы) и определяется лабораторией завода.

При расходе извести 85—120 % к массе несахаров сока или 2—3 % к массе свеклы (кроме горячей дефекации) поддерживают щелочность дефекованного сока по фенолфталеину 0,8—1,1 % СаО.

Длительность пребывания сока с учетом возврата составляет для ступеней дефекации: холодной (40—50 °С) — 20—30 мин, теплой (50—60 °С) — 10—15, горячей (85—90 °С) — 5—10 мин.

**На первой сатурации** с помощью диоксида углерода осуществляют очистку сока путем физико-химической адсорбции несахаров на положительно заряженных частицах СаСО<sub>3</sub>.

При сатурации в присутствии избытка извести образуются фазы: Са(ОН)<sub>2</sub> (твердая фаза)  $\rightleftharpoons$  Са(ОН)<sub>2</sub> (раствор); Са(ОН)<sub>2</sub> (раствор)  $\rightleftharpoons$  Са<sup>2+</sup> + 2НО<sup>-</sup> — Са<sup>2+</sup> + СО<sub>3</sub><sup>2-</sup>  $\rightleftharpoons$  СаСО<sub>3</sub> (раствор); СаСО<sub>3</sub> (раствор)  $\rightleftharpoons$  СаСО<sub>3</sub> (твердая фаза).

На скорость растворения  $\text{CO}_2$  влияет концентрация  $\text{OH}$ -ионов, температура, а на скорость растворения  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  — дисперсность частиц, перемешивание. При сатурации соков наблюдают вначале резкое снижение щелочности и содержания несахаров, затем резкое увеличение вязкости и пенообразование в связи с образованием гелеобразного осадка углекальциевых сахаров формулы  $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) - (\text{CaCO}_3) - (\text{CaO})$ , в конце — уменьшение вязкости, объема сока и образование зернистого осадка.

Первую сатурацию заканчивают при щелочности 0,09—0,11 %  $\text{CaO}$  ( $\text{pH}$  10,8—11,6). При этом в растворе остается небольшое количество  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Оптимальной щелочностью сока I сатурации считают ту максимально высокую щелочность сока, при которой сок нормально фильтруется, имеет минимальную цветность.

При пересатурировании ( $\text{pH}$  9,5 и ниже) качество сока ухудшается, из осадка в раствор переходят коллоидные вещества, скорость фильтрования сока уменьшается. На I сатурации устанавливается температура 80—85 °С. Первая сатурация может быть одно-, двух- и многоступенчатой в зависимости от вида аппарата. Эффект удаления несахаров на I сатурации — 25—30 %.

Сок I сатурации нагревают до 85—90 °С и осветляют отстаиванием в отстойниках или фильтрованием. Осадок удаляют на дисковых фильтрах и вакуум-фильтрах. Контрольно отфильтрованный сок нагревают до 92—95 °С, вводят в него 0,1—0,5 %  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и направляют на II сатурацию для более полного удаления кальциевых солей и во избежание образования накипи в теплообменных аппаратах.

Первую сатурацию осуществляют в аппаратах с рециркуляцией сока и без рециркуляции. Для рециркуляции применяют тихоходные низконапорные осевые насосы типа О, которые не разрушают частицы осадка. В аппаратах с рециркуляцией дефекованный сок смешивается с рециркуляционным соком. Для улучшения скорости фильтрования сока в дефекованный сок перед I сатурацией вводят 0,2—0,4 %  $\text{CaO}$  к массе свеклы.

Сатураторы оборудуют автоматической системой контроля количества рециркулируемого сока,  $\text{pH}$  сока на выходе, давления сатурационного газа на входе, содержания  $\text{CO}_2$  в газе. Поступление и расход газа в зависимости от  $\text{pH}$  сока на выходе должно регулироваться автоматически.

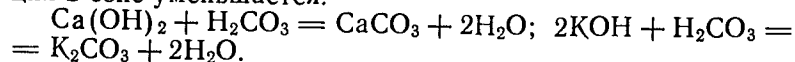
Технологические параметры процесса I сатурации: длительность 10 мин;  $\text{pH}_{20}$  сока 10,8—11,2; содержание  $\text{CO}_2$  в сатурационном газе 28—35 %; давление сатурационного га-

за 0,04—0,06 МПа; количество рециркулируемого сока I сатурации (в зависимости от качества диффузионного сока) 300—800 %; средняя скорость отстаивания 2,5—5 см/мин; коэффициент использования сатурационного газа — 65—75 %.

*Дефекация сока перед II сатурацией* улучшает качество очистки диффузионного сока без увеличения расхода извести за счет дополнительного разложения несахаров, улучшения адсорбционной очистки сока. На дефекацию расходуют от 10 до 25 % общего количества извести (для подпорченной свеклы до 30 %).

При этом щелочность сока по индикатору метилоранжу должна быть 0,2—0,6 %  $\text{CaO}$ . При 90—96 °С длительность дефекации составляет 2—5 мин.

На второй сатурации при пропускании  $\text{CO}_2$  щелочность сока понижается до 0,02 %  $\text{CaO}$  ( $\text{pH}_{20}$  9,2—9,5) и при этом образуются карбонаты металлов. Содержание солей кальция в соке уменьшается.

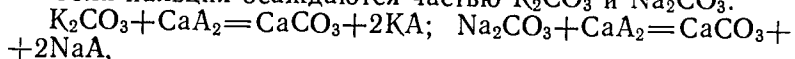


При пересатурировании карбонаты превращаются в бикарбонаты:



Щелочность сока II сатурации зависит от имеющихся в нем избытков  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а также от аммиака.

Соли кальция осаждаются частью  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :



где А — анион кислоты.

Избыточное количество  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , остающееся в соке после осаждения растворимых кальциевых соков, называется натуральной (естественной) щелочностью и выражается в %  $\text{CaO}$ . Практическая натуральная щелочность отличается от теоретической (100 % осаждения солей  $\text{Ca}$ ) и от эффективной (разница между щелочностью фильтрованного сока I сатурации с  $\text{pH}_{20}$  9,25 и содержанием в нем  $\text{CaO}$ ). При эффективной щелочности сока менее 0,005 г  $\text{CaO}$  на 100 г фильтрованного сока рекомендуют добавлять соду,  $\text{NaOH}$  или тринатрийфосфат.

Оптимальная щелочность сока II сатурации ( $\text{pH}_{20}$ ) соответствует минимальному содержанию солей кальция в соке, обеспечивает нормальное проведение сульфитации сока и получение сиропа после выпарной станции со щелочностью, соответствующей  $\text{pH}_{20}$  8—8,5.

Минимальному содержанию солей кальция в соке (около 0,02 %  $\text{CaO}$ ) соответствует  $\text{pH}_{20}$  9,25. В зависимости от

содержания несахаров в соке это  $pH_{20}$  может изменяться от 8,6 до 9,8. Изменение температуры от 80 до 103 °С не оказывает большого влияния на содержание солей кальция в соке.

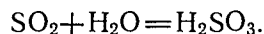
Для более полной кристаллизации  $CaCO_3$  сок перемешивают 15 мин при 85 °С [59], что снижает на выпарной станции накипеобразование.

На ряде заводов с этой целью II сатурацию производят в двух котлах последовательно, устанавливая дозреватели, возвращают осадок сока II сатурации в сок I сатурации. Коэффициент использования  $CO_2$  — 50 % (на I сатурации — 60—65 %).

В соке II сатурации в растворе находятся  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $CaA_2$ , сахара, в осадке —  $CaCO_3$  и адсорбированные несахара. Эффект удаления несахаров на II сатурации — 3—5 %. Аппарат II сатурации оснащают средствами автоматического контроля и регулирования, аналогичными для аппаратов I сатурации.

Технологические параметры II сатурации: длительность — 10 мин;  $pH_{20}$  сока 9,2—9,7; содержание  $CO_2$  в сатурационном газе — 28—35 %; цветность — не более 18 усл. ед.; содержание солей кальция к массе свеклы 0,03—0,10 %  $CaO$ ; доброкачественность — 88—92 %.

**Сульфитация.** Диоксид серы, превращаясь в сернистую кислоту, обесцвечивает сок на 15—30 % (истинный эффект — 8—10 %).



Ионы металлов катализируют процесс обесцвечивания, а фенолы, амины, альдегиды и спирты, наоборот, ингибируют его. Сернистая кислота блокирует группы  $COOH$  сахаров и продуктов их распада и препятствует образованию красящих веществ. При содержании 0,5 моля  $SO_2$  на 1 моль редуцирующих сахаров образование красящих веществ прекращается. Сернистая кислота также снижает высокую натуральную щелочность сока.  $K_2CO_3 + H_2SO_3 = K_2SO_3 + H_2O + CO_2$ . В соке после II сатурации не должно быть свободной извести во избежание образования малорастворимого  $CaSO_3$ .

Сульфитацию сока производят в жидкостно-струйных сульфитаторах до  $pH$  8,5—9,2 (щелочность 0,005—0,01 %  $CaO$ ), сиропа — до  $pH$  7,8—8,5, воды — до  $pH$  5,5—6,0. Эффект использования  $SO_2$  — 70—80 %. Расход серы на сульфитацию сока, сиропа и питающей воды составляет соответственно 0,015, 0,010 и 0,015 % к массе свеклы (до 40 кг на 100 т свеклы).

В ходе очистки сока до выпарки почти полностью удаляются белки и аммиачный азот, 40—50 % амидного азота, 5—8 аминного азота, 40—45 безазотистых органических веществ, 10—12 % золы.

Существуют различные технологические схемы очистки диффузионного сока. Так, по схеме с горячей оптимальной преддефекацией в нагретый до 85—90 °С диффузионный сок в преддефекторе добавляется 100—150 % к массе свеклы нефилтрованного сока I сатурации.

Сульфитацию сока и сиропа осуществляют в сульфитаторах оросительного или жидкостно-струйного типов с помощью газообразного  $SO_2$ , полученного в печах при сжигании комовой серы. Выдерживают следующие  $pH_{20}$  продуктов: сока — 8,5—9,2, сиропа — 7,8—8,5, клеровки перед сульфитацией — не менее 7,2. Содержание свободных сульфатов в соке и сиропе (%  $SO_2$  к массе продукта) должно составлять 0,002—0,003. Общий расход серы колеблется от 25 до 40 кг на 100 т свеклы.

Глубокая сульфитация из-за образования кислот и кислых солей вызывает разложение сахарозы и повышение неучтенных потерь ее. В клеровку для повышения  $pH_{20}$ , если оно ниже 7,5, вводят раствор тринатрийфосфата из расчета 5—10 кг на 100 т свеклы.

Для *фильтрования сока I сатурации* типовым оборудованием считаются вакуум-фильтрационные установки с фильтратами-сгустителями ФилС или гравитационными отстойниками. На некоторых заводах для сока II сатурации применяют дисковые фильтры (ФД). Обычно их используют для контрольной фильтрации осветленного сока и фильтрации вакуум-фильтров, первой и контрольной фильтрации сока II сатурации (для первой фильтрации можно применять и ФилС), сиропа и клеровки.

При фильтровании поддерживают температуру сока 85—90 °С. На соке I сатурации плотностью 1,18—1,21 г/см<sup>3</sup> установка ФилС обеспечивает скорость фильтрования до 8,4 л/м<sup>2</sup>·мин.

*Технологические параметры процесса осаждения сока I сатурации.* Декантат — визуально прозрачный, содержание в нем твердой фазы не более 1,0 г/л. Плотность сгущенной суспензии — 1,15—1,20 г/см<sup>3</sup>. Средняя скорость осаждения суспензии за 5 мин отстаивания в цилиндре не менее 2,5 см/мин, температура — 85—90 °С.

Технологическая схема широко распространенной на сахарных заводах непрерывно действующей вакуум-фильтрационной установки включает вакуум-фильтр, вакуум-сборники, сборники, вакуум-насос, насосы.



Технологические параметры вакуум-фильтрационной установки такие: остаточное давление (разрежение) составляет 0,05 МПа; нормативная скорость фильтрации 15 л/м<sup>2</sup>·мин; потери сахара в осадке допускаются не более 0,15 % к массе свеклы; плотность сгущенной суспензии 1,15—1,20 г/см<sup>3</sup>; температура воды для промывания осадка 80—90 °С; расход воды на промывку фильтрационного осадка 100—120 % к массе свеклы; частота вращения барабана около 0,15 об./мин; избыточное давление воздуха или пара при отдувке 0,05—0,07 МПа.

Для вакуум-фильтров используют в качестве фильтровальной ткани капроно-лавсан (артикул 86035, 86036), лавсан (артикул 86030, 56271, 56278) и фильтр-диагональ.

Применяют также для очистки соков от взвешенных частиц модернизированные вакуум-фильтры со сходящим полотном. Непрерывная регенерация фильтровальной ткани позволяет увеличить нормативную скорость фильтрации сока до 18 л/м<sup>2</sup>·мин.

Сок I сатурации часто фильтруют на дисковых фильтрах, которые при разности давления 0,15 МПа имеют нормативную скорость фильтрации 4 л/м<sup>2</sup>·мин. Потери сахара в осадке допускаются не более 0,11 % к массе свеклы. Расход аммиачной воды на промывку осадка составляет 150—200 % к массе осадка. Температура фильтрации 85 °С.

Скорость фильтрации сока II сатурации на фильтрах дисковых составляет 8 л/м<sup>2</sup>·мин. В соке допускается до 0,1 г/л взвешенных частиц. Применение листовых саморазгружающихся фильтров (ФилС) позволяет при меньшей разности давления 0,07 МПа иметь более высокую скорость фильтрации сока II сатурации — 12,5 л/м<sup>2</sup>·мин.

При фильтрации сиропа с клеровкой на фильтрах дисковых поддерживают температуру продукта 80—85 °С, разность давлений 0,15 МПа, расход кизельгура 800 г/м<sup>2</sup> или перлита 150—200 г/м<sup>2</sup> фильтрующей поверхности. Скорость фильтрации составляет около 2 л/м<sup>2</sup>·мин. Применяют для фильтрации лавсановую ткань (артикул 86030, 86036) и фильтр-диагональ.

Патронные фильтры с фиксированным слоем осадка и пульсационной регенерацией работают при фильтрации сиропа с клеровкой в непрерывном режиме при разности давления до 0,3 МПа, расходе на намывание фильтроперлита 0,3—0,4 кг/м<sup>2</sup> (текущее дозирование 0,1—0,15 кг/м<sup>3</sup> сиропа), давлении намывания фильтроперлита 0,1 МПа, длительности намывания 15—20 мин, давлении пульсации 0,05—0,2 МПа в течение 0,25—0,5 ч. Сироп с массовой до-

#### 17. Температурный режим четырехкорпусной выпарной установки, °С

Показатели	Корпус выпарной установки				
	I	II	III	IV	Концентратор
Температура греющего пара	132—138	124,5	115	101	84
Давление греющего пара (10 <sup>5</sup> Н/м <sup>2</sup> )	2,87	2,29	1,69	1,05	0,56
Полезная разность температур	6—12	7,5	10,5	12	15,6
Температура кипения сока	126	117	104,5	89	68,4
Температурная депрессия	0,5	1	2,5	4	3
Температура сокового пара	125,5	116	102	85	65
Температура конденсата	130	122,5	113	99	82

лей сухих веществ 65 % фильтруют со скоростью 6,6 л/м<sup>2</sup>××мин. На комплектование одного фильтра расходуют 42 м<sup>2</sup> фильтровальной ткани (артикул 86035).

Центральное место в схеме теплоиспользования на сахарном заводе занимает *выпарная установка*. Наиболее часто встречаются трехкорпусные и четырехкорпусные с концентраторами, четырехкорпусные с 0-корпусом, пятикорпусные выпарные установки (табл. 17, 18).

Выпарные установки работают при давлении пара выше или ниже атмосферного от 6,78·10<sup>4</sup> Н/м<sup>2</sup>—7,44·10<sup>4</sup> до 1,46·10<sup>4</sup>—2,12·10<sup>4</sup> Н/м<sup>2</sup>.

Типовой считается четырехкорпусная выпарная установка с концентратором. Температурный режим ее работы приведен выше (см. таблицу 17). В качестве корпусов выпарки применяют аппараты ВА-ЦИНС, ВАПП-1250, ЦИНС-ВЦ, ВЦ-58, системы Роберта.

Поверхность нагрева аппарата ВА-ЦИНС может быть 500 м<sup>2</sup>, 600, 700, 800, 900, 1000 м<sup>2</sup>. Изготавливают аппараты с поверхностью нагрева до 3000 м<sup>2</sup>.

#### 18. Температурный режим пятикорпусной выпарной установки, °С

Показатели	Корпуса выпарной установки				
	I	II	III	IV	V
Температура греющего пара	136	127,5	119	110	99
Полезная разность температур	7	6,5	7	8	8,5
Температура кипения сока	129	121	112	102	90,5
Температурная депрессия	0,6	1	1	2	4
Температура вторичного пара	128,5	120	111	100	86,5

Принципиальная тепловая схема сахарного завода включает: выпарную установку, подогреватели, гидравлические колонки (сборники конденсата), насосы, сепараторы, конденсатор, сборники, вакуум-насос. Тепловая схема обеспечивает нагрев продуктов до температур, установленных технологическим регламентом, сгущение сока, уваривание утфелей, снабжение ТЭЦ конденсатом для питания паровых котлов.

Различные подогреватели соков обогреваются вторичным греющим паром I, II, III или IV корпусов выпарной установки. Выпарные установки оснащают вакуум-конденсационным оборудованием, позволяющим получить остаточное давление на уровне 0,026—0,030 МПа. Пятикорпусная выпарная установка позволяет снизить расход тепла на 1 т свеклы до 0,938 гДж. При этом 1 кг греющего пара испаряет 1 кг вторичного пара, или 2,5—3 кг воды.

Всего из сока выпаривают на выпарной станции и вакуум-аппаратах 110—115 % воды к массе свеклы. Концентрация сухих веществ сока, поступающего на выпарку, составляет 13—13,5 %, а после нее — 62—65 %. Ориентировочно концентрация сухих веществ продукта составляет после корпусов: первого 19—23 %, второго 34—37, третьего 48—56, четвертого — 59—62, пятого 64—66 %. Использование отработанного пара большинства корпусов выпарки позволяет расходовать около 45—50 кг пара на 100 кг свеклы. При упаривании сока протекают реакции разложения оставшихся в соке органических кислот (оксаминовой, аллантоина), бикарбонатов до  $\text{CaCO}_3$ , реакции обмена между  $\text{CaA}_2$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . В составе накипи находят  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ , которые периодически разрушают кипячением водных растворов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HCl}$ .

Сироп после выпарной станции смешивают с клеровкой желтого сахара и при 80—85 °С сульфитируют до pH 7,8—8,5, подогревают до 90—95 °С, фильтруют, направляют в сборник перед вакуум-аппаратами.

Если pH сиропа выше 8,5, то сгущение его на вакуум-аппаратах затрудняется, утфель вспенивается. При длительном уваривании сиропа усиливается процесс карамелизации сахарозы. При pH ниже 7 образуется повышенное содержание глюкозы и фруктозы. Нарушение установленного pH сиропов приводит к повышенному содержанию соединений железа в кристаллах, получению сахара-песка повышенной цветности.

Уваривание, кристаллизация и центрифугирование утфелей. Трехпродуктовая схема кристаллизации с аффинацией желтого сахара III кристаллизации является типовой.

Она обеспечивает качество сахара по ГОСТу при минимальных потерях сахара в мелассе.

Утфель I кристаллизации уваривают из сиропа и клеровки сахаров II кристаллизации и сахара-аффинада III кристаллизации и центрифугируют нагорячо.

Утфель III кристаллизации уваривают из второго и первого межкристального растворов утфеля II кристаллизации и аффинационного оттека. На заводку кристаллов могут брать первый межкристальный оттек утфеля I кристаллизации. Утфель III кристаллизации после уваривания охлаждают не менее 36 ч в мешалках-кристаллизаторах, затем центрифугируют.

Температура охлаждающей воды должна быть на 12—14 °С ниже температуры утфеля.

Сахар III кристаллизации аффинируют первым оттеком утфеля I кристаллизации с содержанием сухих веществ 75 %, утфель отдельно центрифугируют, кристаллы промывают водой. Сахар-аффинад растворяют в фильтрованном соке II сатурации и подают на сульфитацию вместе с сиропом.

Рекомендуется при получении сиропов с доброкачественностью 91—92 % часть первого межкристального раствора утфеля I кристаллизации направлять на уваривание утфеля III кристаллизации. При получении сиропа с доброкачественностью менее 90 % рекомендуется двухкристаллизационная схема.

По трехкристаллизационной схеме ВНИИСП утфель III кристаллизации уваривают на кристаллической основе утфеля II кристаллизации (около 1/3 всего утфеля) и аффинационного оттека, а аффинационный утфель центрифугируют совместно с утфелем II кристаллизации.

По двухкристаллизационной технологической схеме утфель I кристаллизации получают увариванием сиропа и клеровки сахара II кристаллизации. В конце уваривания используют оттек утфеля I кристаллизации. Утфель центрифугируют нагорячо и сахар промывают водой с температурой 80—90 °С. Часть первого межкристального оттека направляется на уваривание утфеля II кристаллизации, а часть — на аффинирование сахара II кристаллизации. В конце уваривания утфеля в вакуум-аппарат забирают аффинационный оттек и оттек от промывки сит центрифуг утфеля II кристаллизации.

Утфель II продукта в утфелемешалках-кристаллизаторах охлаждают до 35—40 °С, затем нагревают до 45—48 °С, центрифугируют, получают один оттек — мелассу. Сахар II кристаллизации аффинируют первым оттеком ут-

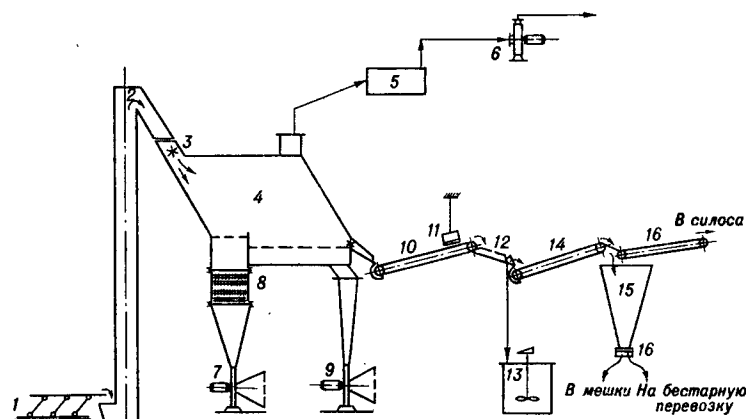
феля I кристаллизации. В оттек предварительно вводят воду до содержания сухих веществ 75 %.

Аффинационный утфель центрифугируют, сахар-аффинад растворяют фильтрованным соком II сатурации. Сюда же направляют комки белого сахара и раствор сахарной пудры из циклонов сушилок. Сахар-песок высушивают, охлаждают, очищают от железомagnetных примесей, комков сахара, пудры, упаковывают в мешки. При получении сиропов с пониженной доброкачественностью утфель I кристаллизации уваривают только из сиропа с клеровкой, а второй оттек поступает на уваривание утфеля II кристаллизации. На уваривание утфеля I кристаллизации поступает сироп с клеровкой, содержащей не менее 65 % сухих веществ, 0,12—0,5 % СаО к массе сиропа, с рН 7,8—8,5, цветностью не выше 40 усл. ед. Утфели уваривают до содержания сухих веществ (%): I кристаллизации — 92—92,5 %, II кристаллизации — 92—93, III кристаллизации 94—95 %.

При разрежении в аппарате 0,085 МПа температура кипения утфелей составляет 72—78 °С, избыточное давление греющего пара 0,07—0,10 МПа. Эффект кристаллизации составляет (ед): I — 12—13, II — 5—7, III — 10—12. Для заводки кристаллов содержание сухих веществ в сиропе должно быть 82—83 % при 73—75 °С. На 40 т сиропа через пробный кран в вакуум-аппарат вводят около 50 г тонкоизмельченной сахарной пудры, просеянной через сито с числом нитей на 1 см 67. Через 30—40 сек отбирают пробу утфеля на стекло и в проходящем свете наблюдают качество кристаллов. Если образуется слишком много кристаллов или образуются вторичные кристаллы («мука»), их растворяют введением сиропа (подкачки) и повторно заводят затравку. При нормальном содержании равномерных кристаллов (3—5 тыс. шт. в 1 г) их наращивают постепенными подкачками сиропа и оттеков. При заводке кристаллов коэффициент пересыщения сиропа составляет обычно 1,2—1,3. Для пеногашения иногда вводят ПАВ в количестве 0,005—0,01 % к массе утфеля.

При уваривании утфеля II кристаллизации вводят в вакуум-аппарат 60—80 г сахарной пудры при 76—78 °С, закрепляют их подкачками сиропа, а затем температуру снижают до 74—76 °С.

На 40 т сиропа III кристаллизации вводят в качестве затравки 150—200 г кристаллов сахара при 72—76 °С. Кристаллы заводят, когда сироп дает при растягивании капли сиропа между пальцами пробу «на волос». Последнюю стадию сгущения утфеля ведут при 68—70 °С (вакуум 0,085 МПа).



11. Технологическая схема сушки сахара-песка:

1 — виброконвейер; 2 — элеватор; 3 — турникеты; 4 — сушильно-охладительный аппарат; 5 — пылеулавливатель; 6, 7, 9 — вентиляторы; 8 — калорифер; 10, 14, 16 — ленточные конвейеры; 11 — электромагнит; 12 — комкоотделитель; 13 — мешалка; 15 — бункер; 16 — весы

При центрифугировании утфеля I кристаллизации на центрифугах ФПН-1251 Л-2 при температуре 70—75 °С кристаллы промывают в течение 15—30 с водой. Влажность кристаллов сахара после центрифуг составляет около 0,8 %. Утфель II кристаллизации центрифугируют при температуре 60—70 °С, а аффинационный утфель — при 45—50 °С. Сахар II кристаллизации и сахар-аффинад имеет доброкачественность не ниже 97 % и цветность не более 25 усл. ед. Кристаллы допускается промывать водой в количестве до 1 % к массе утфеля. При отборе двух оттеков они отличаются по доброкачественности на 4—5 %. Утфель последней кристаллизации после охлаждения центрифугируют и получают сахар с доброкачественностью не менее 92 % и цветностью не выше 100 усл. ед. Сахар водой не промывают.

Технологическая схема сушки сахара-песка включает виброконвейер, элеватор, сушильно-охладительный аппарат СПС-20 или СК-1 (рис. 11).

Технологические параметры сушки и охлаждения сахара-песка такие: влажность до сушки не более 1 %, температура на сушку 40—50 °С; температура готового сахара для бестарного хранения 22 °С и для хранения в таре 25 °С; влажность сахара-песка для бестарного хранения 0,04 % и для хранения в таре — 0,14 %.

При использовании установки с псевдоожиженным слоем выдерживают следующие технологические параметры:

температура воздуха на сушку 110—120 °С; давление пара на калорифер 0,20—0,25 МПа; давление воздуха перед сушилкой 5 КПа; давление воздуха перед охлаждением 1,6 КПа; разрежение в аппарате 50—100 Па.

Сушильная камера должна иметь разрыхляющее устройство, регуляторы высоты слоя кристаллов, приборы КИП и А для регулирования температуры и разрежения. Комки из сахара выделяют на сортировочной машине.

Для улавливания из сахара-песка железомангнитных примесей применяют шкивные электромагниты марок III 65—65, III 100—80. Над конвейером устанавливают подвесные магниты типа 100 (ЭП-1), 160 (ЭП-2). Толщина слоя сахара на конвейере должна быть не более 30 мм, скорость ленты — не более 1,2 м/с, высота расположения магнитов над лентой не более 150 мм, напряженность магнитного поля на расстоянии 10 мм от ленты в зависимости от типа электромагнита от 110 до 260 КА/м. Сахар взвешивают на полуавтоматических весах типа ДСП-100 (погрешность  $\pm 0,1$  %). Мешки с сахаром массой нетто 50 кг зашивают на швейной машине 33 М с головками класса 38-Д (тканевые мешки) и 38 А (бумажные мешки).

Технологические параметры бестарного хранения сахара-песка такие: влажность сахара на хранение 0,04 %; температура сахара 22 °С; температура воздуха для продувки 20—22 °С; относительная влажность воздуха в складе 55—60 %.

В сушильном отделении сахарного завода остаточная запыленность воздуха должна быть не более 100 мг/м<sup>3</sup>. Взрывоопасная концентрация сахарной пыли составляет 17,5 г/м<sup>3</sup>.

Требования к качеству сахара-песка. В соответствии с ГОСТ 21—78 сахар-песок имеет следующее качество: доброкачественность — не менее 99,75 %, содержание редуцирующих веществ — не более 0,05, содержание золы — не более 0,03, влажность — не более 0,14 %, цветность на 100 ч СВ — не более 0,8 усл. ед. (на промпереработку допускается 1,2 усл. ед.).

Кристаллы сахара-песка должны быть однородными, белыми, с минимальным содержанием друз и мельчайших кристаллов, проходящих через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Размер кристаллов 0,2—0,25 мм. Крупный сахар имеет размер кристаллов 1—2,5 мм, средний — 0,5—1,5 и мелкий — 0,2—0,5 мм.

Требования к качеству мелассы свекловичной. В соответствии с ОСТ 19-395-82 меласса свекловичная должна иметь следующие органолептические и фи-

зико-химические показатели: внешний вид — густая, сиропообразная, непрозрачная жидкость от коричневого до темно-бурого цвета; вкус — сладкий с горьким привкусом; запах — свойственный свекловичной мелассе, без постороннего запаха; растворимость в воде — полная, легко растворяется в любых соотношениях в холодной и горячей воде; массовая часть сухих веществ — не менее 75, массовая часть сахарозы — не менее 43, массовая часть сбраживаемых сахаров — не менее 44; pH — 6,5—8,5.

Фактически меласса свекловичная содержит (% к ее массе): 76—85 % сухих веществ, 46—51 сахарозы, 4—7 бетаина, 0,5—2,5 редуцирующих веществ, 0,6—1,4 рафинозы, 4—6 молочной кислоты, 0,2—0,5 уксусной и муравьиной кислот, 6—11 золы, 4—8 % красящих веществ. Доброкачественность мелассы 58—62 %, pH 6—8.

В составе зольных неорганических веществ мелассы содержится калия 3,5—5 %, натрия — 0,3—1,5, кальция — 0,2—1, хлоридов — 0,6—2, сульфитов — 0,005—0,01 %. В качестве микроэлементов найдены: Al, Mg, Fe, Mn, Cu, Sr, Si, Ni, Co, Mo, Sn, Pb.

Среди азотистых веществ мелассы встречаются аминокислоты (глутаминовая, аспарагиновая,  $\gamma$ -аминомасляная, серин, глицин, тирозин, лейцин) и амиды (глутамин, аспарагин). Выход мелассы составляет 4,5—5,5 % к массе переработанной свеклы. Меласса является ценным сырьем для пищевой и комбикормовой промышленности.

Сбраживая мелассу, можно получить лимонную, молочную кислоты, глицерин, ацетон, этиловый и бутиловый спирты, хлебопекарные и кормовые дрожжи. Из 100 кг мелассы вырабатывают 100 кг прессованных дрожжей (25 % СВ) или около 20 % глицерина, или 60 л этилового спирта.

В ряде стран из мелассы извлекают различными способами сахарозу или производят пищевые сиропы. Очистка мелассы затруднена в связи с наличием большого количества разных нес сахаров и поэтому не всегда экономически выгодна.

Рекомендуют [2] хранить мелассу свекловичную с содержанием сухих веществ 78—80 % при температуре 20—25 °С, pH<sub>20</sub> = 7,5—8. Целесообразно мелассу перед хранением нагревать в течение 30—60 мин для подавления микроорганизмов.

Производство извести, известкового молока и сатурационного газа. Известняк из склада конвейером направляют на виброгрохот. Мелочь и песок накапливают в бункере и вывозят в отвалы. Затем очищенный известняк конвейером подают в бункер-накопитель, откуда он через питатель по-

стует в ковш. Ковш скипового подъемника взвешивают на весах, в него из другого бункера-накопителя через дозатор поступает топливо (рис. 12). Ковш поднимается по направляющим в верхнюю часть известковогазовой печи и опрокидывается, содержимое его попадает в загрузочную воронку с клапаном для ее герметизации [41].

Известь из печи удаляется выгрузочным устройством в приемный бункер, а из него — в известегаситель, в котором смешивается с водой. Известковое молоко очищается на вибросите, а затем — на гидроциклонах. Из мешалки насосом оно транспортируется на преддефекацию и дефекацию. Отходы от очистки молока конвейером направляют в бункер и отвозят в отвалы.

Сатурационный газ, получаемый при обжиге извести и содержащий диоксид углерода, из балки отсоса газа поступает в сухую ловушку, газопромыватель, каплеуловитель, компрессор и подается в аппараты I и II сатурации. В газопромывателе и каплеуловителе создается разрежение, вода удаляется через гидрозатор. Часть сатурационного газа рециркулируется с помощью клапана.

Технологические показатели такие: расход известняка составляет 2000—2300 кг/т CaO; условного топлива — 150—200 кг/т CaO; содержание окиси кальция в извести — 75—85 %. Состав сатурационного газа: диоксида углерода — 28—35 % об., кислорода 3—5, оксида углерода до 1,1 % об., температура газа на выходе из печи 120—150 °C, из газопромывателя 30 °C, температура извести на выгрузке 50—80 °C, температура воды для гашения извести 80 °C, плотность известкового молока 1,18—1,22 г/см<sup>3</sup>; разрежение на выходе из печи 0,5—7 КПа.

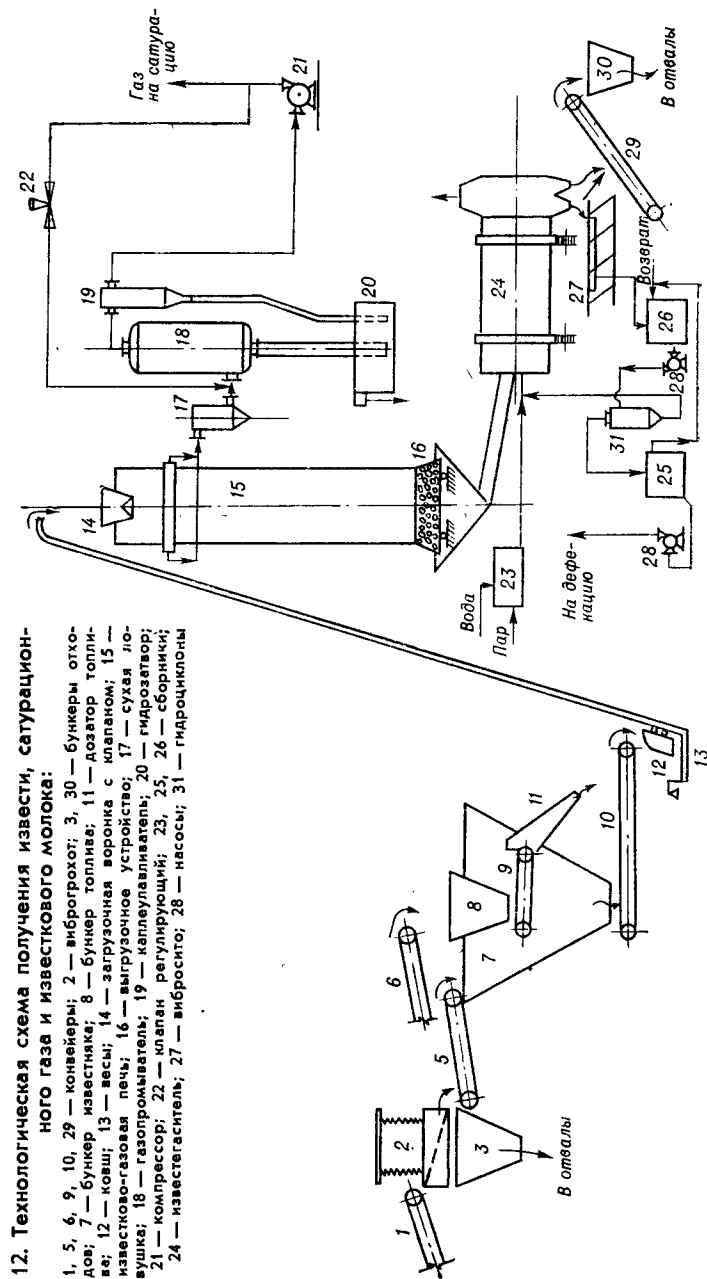
В качестве топлива используют малозольные антрациты марок АК и АП, кокс, содержащие 85—90 % углерода. Оптимальный расход топлива 7,2—7,5 % к массе сырья.

Обжиг известняка (CaCO<sub>3</sub>) производят при 900 °C. Из 1,785 кг CaCO<sub>3</sub> получают 1 кг CaO и 0,4 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. Содержание свободной CaO в известковом молоке составляет 85—96 % к массе сухого вещества.

### Сахар-рафинад

Сахар-рафинад получают при переработке сахара-песка соответствующего по качеству ГОСТ 21—78, или жидкого сахара второй категории, соответствующего по качеству ОСТ 18—170—74.

В производстве сахара-рафинада применяют следующие технологические схемы: с тремя рафинадными и тремя про-



12. Технологическая схема получения извести, сатурационного газа и известкового молока:

1, 5, 6, 9, 10, 29 — конвейеры; 2 — виброгрехот; 3, 30 — бункеры отходов; 7 — бункер известняка; 8 — бункер топлива; 11 — дозатор топлива; 12 — ковш; 13 — весы; 14 — загрузочная воронка с клапаном; 15 — известково-газовая печь; 16 — выгрузочное устройство; 17 — сухая ловушка; 18 — газопромыватель; 19 — каплеуловитель; 20 — гидрозатор; 21 — компрессор; 22 — клапан регулирующий; 23, 25, 26 — сборники; 24 — известегаситель; 27 — вибросито; 28 — насосы; 31 — гидроциклоны

дуктовыми кристаллизациями; с тремя рафинадными кристаллизациями и выводом первого межкристального раствора третьей рафинадной кристаллизации; с двумя рафинадными и тремя продуктовыми кристаллизациями; с двумя рафинадными кристаллизациями и выводом первого межкристального раствора второй рафинадной кристаллизации в свеклосахарный завод [42].

При переработке сахара-сырца применяют схемы: с четырьмя рафинадными и тремя продуктовыми кристаллизациями; с четырьмя рафинадными и двумя продуктовыми кристаллизациями и выводом после очистки части второго межкристального раствора аффинационного утфеля как товарного; с тремя рафинадными кристаллизациями, выводом первого межкристального раствора аффинационного утфеля и части первого межкристального раствора утфеля третьей рафинадной кристаллизации (после очистки) как товарных; с четырьмя продуктовыми кристаллизациями для свеклосахарного завода.

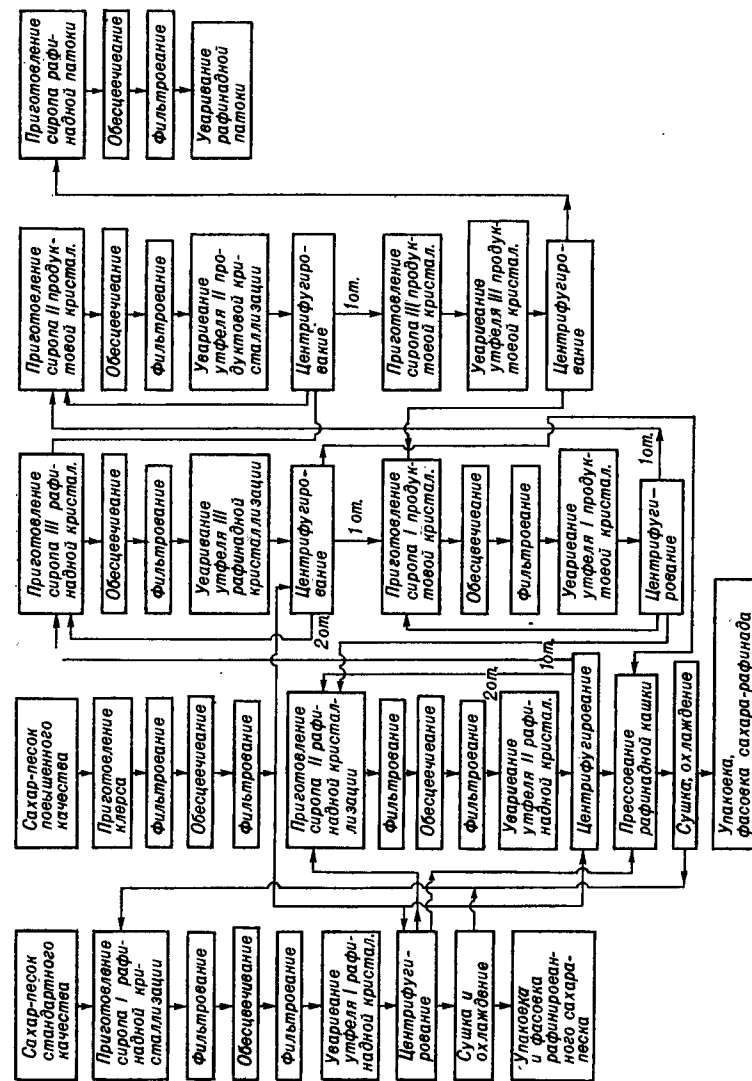
Технологическая схема получения сахара-рафинада из сахара-песка с тремя рафинадными и тремя продуктовыми кристаллизациями показана на рис. 13.

Сахар-рафинад получают в двух-трех рафинадных ступенях, а в трех-четырех продуктовых ступенях обессахаривают оттеки и возвращают желтый сахар на очистку и кристаллизацию рафинадных утфелей.

При переработке сахара-песка цветностью до 1,3 усл. ед. принята технологическая схема с тремя рафинадными и тремя продуктовыми кристаллизациями, а при переработке сахара-песка цветностью выше 1,3 усл. ед. — схема с двумя рафинадными и четырьмя продуктовыми кристаллизациями. По схеме с тремя рафинадными кристаллизациями сахар-песок взвешивают, просеивают и растворяют в чистой горячей воде с отходами рафинадной каши, сахара-рафинада и отбора сиропов из адсорберов.

Сахар-песок цветностью до 0,8 усл. ед. идет на приготовление клерса, 0,8—1,3 усл. ед. — на приготовление сиропа I рафинада, до 2,5 усл. ед. — на приготовление сиропа II рафинада. Комки сахара подаются в отдельный клеровочный аппарат. Раствор поступает на приготовление сиропа II рафинада. Сиропы готовят концентрацией не более 60 % сухих веществ, их фильтруют через слой гравия высотой 0,4—0,5 м на гравиевых фильтрах и слой фильтроперлита толщиной 1,8—2 мм на патронных фильтрах.

Сиропы I, II, III рафинадных и I, II продуктовых кристаллизаций очищают адсорбентом, обычно активным гранулированным углем марки АТС-4. Используют также по-



13. Технологическая схема производства сахара-рафинада на сахарорафинадном заводе

рошкообразные угли марок КАД, МД, глюконат-4, щелочной А, а также анионит АВ-17-2П. Сиропа с температурой 75—80 °С направляют в адсорберы и пропускают через слой угля со скоростью 8—10 л/мин на 1 т угля.

Обесцвеченные сиропы фильтруют от мелких частиц угля на войлочных фильтрах. Цикл работы адсорберов в рафинадной группе 140—240 ч, в продуктовой — 48—72 ч. Если адсорбционную очистку производят активным порошкообразным углем, то сироп перемешивают с адсорбентом в мешалке-смесителе в течение 10—15 мин, после чего подают насосом на дисковые или листовые фильтры. Норма расхода порошкообразного угля составляет 0,25 % к массе сахара-рафинада.

Часть очищенного сиропа I рафинада с 64—67 % СВ выводят из производства в виде жидкого сахара. Утфели уваривают в вакуум-аппаратах и сливают в мешалки-кристаллизаторы для охлаждения и увеличения содержания кристаллов сахара. Утфели могут раскачивать (разбавлять) небольшим количеством обесцвеченного сиропа или воды. Сахар рафинадных утфелей центрифугируют и пробеливают подсиненным клерсом.

При центрифугировании утфелей I рафинада отбирают межкристалльный оттеок и направляют его на уваривание утфеля II рафинада, остальных утфелей отбирают по два оттека. Первый оттеок направляют на уваривание утфеля следующей ступени кристаллизации, второй — на уваривание утфеля того же продукта, из которого его получают («на себя»).

Сахар I и II продуктов в центрифуге пробеливают после отделения межкристалльного оттека холодной или нагретой до 35—45 °С питьевой водой. Сахар последней ступени кристаллизации не пробеливают, получают один оттеок, называемый рафинадной патокой.

Сиропа II и III рафинадного и I продуктового утфелей получают из первых оттеков от центрифугирования утфелей предыдущих ступеней кристаллизации, собственных вторых оттеков, сахаров последующих кристаллизаций, промоек из адсорберов I группы. Сироп утфеля II продукта получают из первого оттека утфеля I продукта и густого промоя адсорберов II группы. Сироп утфеля III продукта готовят из первого оттека утфеля II продукта. Сахар-песок I рафинада высушивают, фасуют, упаковывают. При пробелке его клерсом можно получать рафинадную кашку и направлять ее на прессование. Сахар II и III рафинадов смешивают, просеивают и прессуют. Рафинадную патоку разбавляют горячей водой, промоями из адсорберов II группы до 40—

50 % СВ, обесцвечивают адсорбентом, фильтруют, сгущают в вакуум-аппарате до 78—82 % СВ, взвешивают и откачивают в емкости для хранения или в цистерны для отгрузки потребителям.

Обесцвеченные и профильтрованные сиропы поступают в сборники, а из них — в вакуум-аппараты вместимостью до 30 т. Остаточное давление в аппаратах поддерживают около 0,014 МПа.

Рафинадные утфели уваривают 1—1,5 ч, продуктовые — 2—3 ч. Рафинадные утфели подкрашивают в вакуум-аппарате ультрамарином марки УС (до 75 г на 10 т утфеля) или индигокармином (до 7,5 г на 10 т утфеля), уваривают до содержания сухих веществ 91,5—92 % и содержания кристаллов 58—60 %. Температура уваривания не превышает 78 °С. Продуктивные утфели уваривают до содержания сухих веществ (%): I — 91—91,5; II — 90,5—91; III — 90—91; IV — 89—90. Продуктовые утфели сливают с вакуум-аппаратов в утфелемешалки — кристаллизаторы, где они охлаждаются в течение (ч): I — 6—8; II — 12—16; III — 36—48; IV — 72.

Из утфелемешалок утфели поступают в утфелераспределители, а из них — центрифуги периодического или непрерывного действия с пульсирующей выгрузкой сахара.

Продуктовые утфели центрифугируют на центрифугах периодического действия при температуре не ниже 70 °С. Рафинадные утфели и утфель I продукта центрифугируют при температуре 70 °С в горизонтальных автоматических центрифугах непрерывного действия. Содержание сухих веществ в утфеле должно быть 90—90,5 %.

Сахар рафинадных утфелей пробеливают рафинадным клерсом для полного вытеснения межкристалльного раствора. Клерс готовят из высококачественного сахара-песка и обесцвечивают адсорбентом, из клеровки сухих рафинадных возвратов, сиропа I рафинада. В клерс вводят фильтрованный раствор ультрамарина (1 кг на 10—15 л воды). Расход клерса с 67 % СВ составляет (% к массе рафинадного утфеля): I — 10; II — 14; III — 18.

Средний выход рафинадной кашки влажностью 2,3 % составляет 52—55 % к массе утфеля. При пробеливании сахара клерсом вместо воды выход кристаллов возрастает на 8—10 % к массе утфеля. Влажный сахар после центрифуг попадает в ленточный шнек, перемешивается, образуя рафинадную кашку, и ковшовым элеватором подается в барабанное сито для отделения комков. Далее кашка стальной лентой транспортера направляется в бункеры перед прессами.

При прессовании сахара-рафинада на дисковых (карусельных) прессах циклического действия и роторных (барабанных) прессах непрерывного действия регулируют содержание влаги в рафинадной кашке: для сахара-рафинада кускового быстрорастворимого — 1,9—2,1 %, кускового колотого — 2,2—2,3, кускового со свойствами литого — 2,8—2,9 %. Рекомендуется поддерживать в кашке размер кристаллов, не более: 1—1,5 мм — 30 %, 0,5 мм — 60 %, до 0,5 мм — 10 %.

На дисковых прессах получают бруски сахара-рафинада размером 23×23×184 мм; на роторных прессах — брикеты сахара-рафинада размером 11,1×17,4×27,33 мм. Бруски сахара-рафинада сушат в туннельной противоточной конвективной сушилке при атмосферном давлении. Сырые бруски влажностью до 2,3 % укладывают на сушильные планки вагончика.

Температуру воздуха в камере поддерживают в зависимости от вида сахара от 60 до 85 °С. Длительность нагревания брусков составляет от 0,5 до 2,5 ч. В конце сушилки бруски сахара-рафинада охлаждаются.

Общий цикл сушки — 8—10 ч, а для вакуумных сушилок — 5—6 ч. Высушенные бруски колют. Сахар-рафинад с плотностью 1,29 г/см<sup>3</sup> называют кусковым прессованным колотым, а с плотностью 1,05—1,09 г/см<sup>3</sup> — быстрорастворимым.

На поточных автоматизированных линиях, включающих прессово-сушильные агрегаты ПСА или К5-ПРА иочно-упаковочные машины, вырабатывают до 30 т/сут сахара-рафинада крепостью 2,9—3,4 МПа. На ряде заводов работают автоматизированные линии фирмы «Шамбон» (Франция), оснащенные роторными прессами производительностью 50 и 100 т/сут сахара-рафинада. Сахар-рафинад выпускают в пачках массой 0,5 и 1 кг, кусковой прессованный сахар-рафинад в мелкой фасовке с двумя брикетами. Размер одного брикета 10×22×30 мм.

При переработке сахара-песка цветностью до 1,3 усл. ед. получают следующую ориентировочную доброкачественность утфелей (%): рафинадных — I—99,7; II—99,2; III—98,5; продуктовых — I—95—97; II—91—93; III—85—87. Доброкачественность рафинадной патоки составляет 68—78 %.

Выход прессованного сахара-рафинада составляет 51—53 %, а рафинированного сахара-песка — 48—50 % к массе II и III рафинадных утфелей.

Масса рафинадных утфелей (% к массе выработанного

сахара-рафинада) составляет: I — 102, II — 56; III — 34, а продуктовых: I — 13; II — 5; III — 2.

При поступлении на завод сахара-песка повышенной цветности до 2,5 усл. ед. его используют для получения сиропа II рафинада; до 4 усл. ед. и с содержанием редуцирующих веществ более 0,25 % применяют оборудование для аффинации кристаллов, дефекации, сатурации и сульфатации клеровок, увеличивают количество адсорбентов. При этом применяют схему с двумя рафинадными и тремя продуктовыми кристаллизациями.

**Получение сахара-рафинада на свеклосахарных заводах.** В рафинадных отделениях свеклосахарных заводов применяют схему с двумя рафинадными кристаллизациями (рис. 14). При этом пробеленный сахар-песок утфеля I продукта из-под центрифуг растворяют и совместно со вторым оттеком утфеля I продукта и отходами рафинада от прессования и колки обесцвечивают порошкообразным активным углем, фильтруют и уваривают на сироп I рафинада.

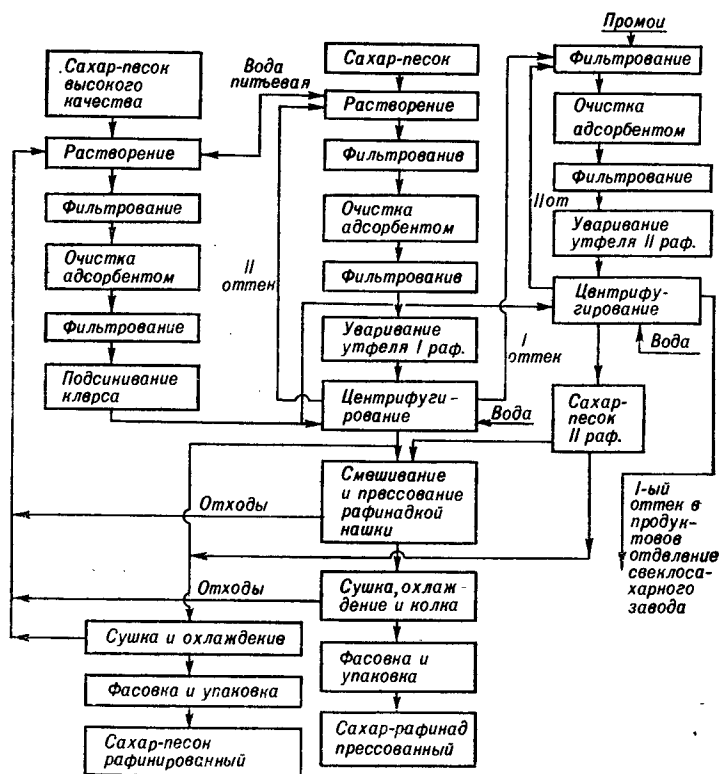
Сироп II рафинада готовят из первого оттека утфеля I рафинада и второго оттека утфеля II рафинада. Первый оттек утфеля II рафинада поступает на уваривание утфеля I продукта. Сироп II рафинада очищают активным углем, бывшим в употреблении при очистке сиропа I рафинада, который после фильтрования добавляют в нефилтрованный сок II сатурации.

Влажный сахар I и II рафинадов смешивают, просеивают для удаления комков, прессуют, сушат, колют, фасуют, упаковывают. Если вырабатывают рафинированный сахар-песок, то сахар I и II рафинада пробеливают не клерсом, а водой, высушивают, охлаждают, просеивают, взвешивают, упаковывают. По такой укороченной схеме получения сахара-рафинада снижаются потери сахара, повышается качество сахара-песка.

В соответствии с ГОСТ 22—78 сахар-рафинад вырабатывают таких видов: кусковой прессованный колотый, кусковой прессованный со свойствами литого, кусковой прессованный быстрорастворимый, кусковой прессованный в мелкой фасовке (дорожный), литой колотый, рафинированный сахар-песок, кристаллическая сахароза, рафинадная пудра.

Сахар-рафинад кусковой прессованный колотый и кусковой прессованный со свойствами литого производят в виде кусочков в форме параллелепипеда толщиной 11 или 22 мм, массой 7,5 или 15 г. Сахар-рафинад кусковой прессованный быстрорастворимый вырабатывают в виде кусочков в форме параллелепипеда массой по 5,5 г, а сахар-рафинад кусковой прессованный в мелкой фасовке (дорож-





14. Технологическая схема производства сахара-рафинада на свеклосахарном заводе

ный) массой по 7,5 г. Литой колотый сахар-рафинад выпускают в виде кусков произвольной формы размером 40—70 мм.

Рафинированный сахар-песок вырабатывают в виде кристаллов размером: мелкий — 0,2—0,8 мм, средний — 0,5—1,2, крупный — 1,0—2,5 мм, кристаллическую сахарозу производят в виде крупных кристаллов размером 0,8—1,5 мм без ультрамарина. Рафинадную пудру получают при измельчении сахара-рафинада до частиц размером не более 0,1 мм.

Сахар-рафинад, сахар-песок рафинированный и рафинадная пудра должны иметь чистый белый цвет или белый цвет с голубоватым оттенком, сладкий вкус без посторонних привкусов, без посторонних запахов, полную растворимость в воде и прозрачный водный раствор.

По физико-химическим показателям все виды сахара-рафинада должны содержать сахарозы (доброкачественность) не менее 99,9 % к массе сухих веществ, редуцирующих веществ — не более 0,03 %.

Содержание влаги в сахар-рафинаде установлено следующее: сахар-песок рафинированный — 0,1 %, кусковый прессованный колотый, быстрорастворимый и рафинадная пудра — 0,2, кусковой прессованный со свойствами литого — 0,75, в мелкой фасовке — 0,3, литой колотый — 0,4 %. Крепость кусочков сахара-рафинада раздробляющему давлению пресса Бонвеча минимальна для быстрорастворимого сахара-рафинада и составляет не менее 1, литого колотого максимальна, не менее 8, остальных видов кускового сахара-рафинада — 6—7 МПа. Содержание крошки (осколков сахара-рафинада массой менее 5 г каждый и пудры) допускается в разных видах кускового сахара-рафинада от 1 до 2,5 %.

При переработке сахара-песка доброкачественностью 99,75 % на сахар-рафинад выход его должен составить 99,5 %. В производстве выход сахара-рафинада получают несколько ниже 97,5—98,5 %.

Патока рафинадная является межкристалльным оттеком последнего продуктового утфеля сахар-рафинадного производства и вырабатывается в соответствии с ОСТ 18—233—75. По органолептическим и физико-химическим показателям должна соответствовать следующим требованиям: коричневая густая, вязкая, непрозрачная жидкость, сладкая с горьковатым привкусом и запахом, свойственным патоке (запах карамели), растворимость ее в воде — полная, легко растворяется в любых соотношениях в горячей и холодной воде, массовая доля сухих веществ не менее 72 %, массовая часть сахарозы по прямой поляризации не менее 49 %, рН среды не менее 5,5. Нормальная рафинадная патока содержит 80 % сухих веществ, имеет температуру 40 °С и вязкость 4,4 Па·с. Обычно в 100 кг рафинадной патоки содержится 70—75 кг сахарозы, 17—20 кг органических несахаров, в том числе до 50 % глюкозы и фруктозы, 8—10 кг минеральных веществ (соли кальция, калия). Выход рафинадной патоки составляет 1,2—1,5 % к массе сахара-рафинада.

Для передачи потребителям, в основном хлебопекарным заводам (замедляет черствение хлеба и придает сладкий вкус), патоку рафинадную разбавляют до 40—50 % СВ, фильтруют, сгущают до 78—82 %, взвешивают, перекачивают в емкости. При углубленной очистке патока рафинадная может использоваться для приготовления кондитерских,

безалкогольных напитков и различной сладкой консервной продукции.

*Технологическая характеристика отдельных процессов производства сахара-рафинада* [42]. Клорование. Мешки с сахаром-песком направляют ленточным транспортером в клеровочное отделение и по пути их расшивают. Сахар попадает в бункер через решетку из стальных прутьев  $100 \times 100$  мм, а из бункера — на автоматические порционные или периодические бункерные весы. Сахар-песок пропускают через шпатоулавливатель (конвейер с сетчатой лентой) для выделения шпата, соломы, бумаги, бирок и пр., распределяют в зависимости от качества по бункерам.

Устанавливают два клеровочных аппарата: для приготовления клерса и для сиропа первой рафинадной кристаллизации. Для растворения сахара-песка и продуктовых сахаров используют промои, оттеки, горячую воду, пар. Температуру поддерживают в пределах  $85-90^\circ\text{C}$ .

Механические примеси выделяют на сите клеровочного аппарата, в ловушках перед насосами (сита с отверстиями диаметром 2—5 мм), на ситах над напорными сборниками, в гравиевых, дисковых, патронных фильтрах, на контрольных фильтрах.

Фильтрация сиропов на фильтрах гравийных. Предварительно отмытый горячей водой гравий (кварцевую крошку) с размером зерен 3—5 мм загружают высотой 400—500 мм на ложное днище фильтра с грибовидными дренажными колпачками (на  $1\text{ м}^2$  80 шт. колпачков). На высоте не менее 5 м над гравиевыми фильтрами располагают напорные сборники сиропа.

При фильтрации поддерживают температуру сиропа с 63—67 % СВ в пределах  $85-87^\circ\text{C}$ , разность давления 0,03—0,08 МПа, расход воды 5—6  $\text{м}^3/\text{м}^3$  гравия, удельную нагрузку 3—5  $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ . Цикл работы гравиевого фильтра 8—16 ч. Сироп фильтруют через гравий сверху вниз. Гравий регенерируют один раз в смену водой и паром.

*Фильтрация сиропов на фильтрах дисковых.* На фильтровальную ткань фильтров наносят фильтровальные порошки — кизельгур или фильтроперлит, суспензия которых готовится в сборнике с мешалкой и на фильтр закачивается насосом. После активного фильтрования сиропа осадок на ткани промывают водой.

Фильтрацию проводят при разности давления до 0,15 МПа в течение 12—16 ч. При содержании в сиропе 65 % СВ, температуре  $85^\circ\text{C}$  и расходе кизельгура (ОСТ 18—169—74) 800—1000  $\text{г}/\text{м}^2$  или перлита (ТУ 480—1—79—78) 300—400  $\text{г}/\text{м}^2$ , скорость фильтрования достигает 2  $\text{л}/\text{м}^2\cdot\text{мин}$ .

Расход воды на промывку осадка допускается не более 15, а на удаление осадка — не более 25  $\text{м}^3/\text{цикл}$ . Фильтрат должен быть визуально прозрачным. Регенерацию фильтровальной ткани осуществляют 2—3 %-ным раствором кальцинированной соды с температурой  $70-80^\circ\text{C}$ .

*Фильтрация сиропов на фильтрах патронных.* Фильтр патронный (108 патронов) имеет  $40\text{ м}^2$  фильтрующей поверхности, является периодическим. Установка комплектуется фильтрами, тремя мешалками (для намывной суспензии фильтрующего порошка, суспензии текущего дозирования, нефилтрованного сиропа), воздухоотборника, насосов, пульсатора, системы автоматического регулирования РЗ-ПФО.

Фильтрация сиропов проводят до повышения разности давления свыше 0,3 МПа, когда скорость фильтрования снижается до 0,18  $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ .

При фильтрации сиропа с 60—67 % СВ и температурой  $80-85^\circ\text{C}$ , расходе 0,3—0,4  $\text{кг}/\text{м}^2$  фильтроперлита на намыв и 0,1—0,15  $\text{кг}/\text{м}^2$  на текущее дозирование скорость фильтрования составляет 0,22—0,25  $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ , цикл работы — 22—24 ч. Длительность вспомогательных операций 1,0—1,5 ч. Параметры пульсации: давление — 0,05—0,2 МПа, длительность — 0,25—0,5 ч.

Параметры намыва суспензии фильтроперлита: давление — до 0,1 МПа, длительность — 15—20 мин. Фильтрат должен быть визуально прозрачным. На экипировку одного фильтра расходуется  $42\text{ м}^2$  фильтровальной ткани.

Периодически ткань регенерируют 1,5 %-ным раствором соляной кислоты, углубленными пульсациями, «шок-эффектом». При «шок-эффекте» закрывают на фильтре все клапаны и в верхнюю и нижнюю части фильтра подают сжатый воздух до 0,5 МПа. Затем из нижней части фильтра воздух выпускают и за счет давления воздуха в верхней части промывная жидкость и воздух удаляют осадок с поверхности и из пор фильтровальной ткани. Для регенерации также применяют ультразвуковые колебания, создаваемые электрозвуковым генератором в воде.

*Очистка сиропа активными углями.* Адсорбционную очистку сиропов сахара осуществляют активным гранулированным углем АГС-4, соответствующим по качеству ТУ-6-16-2420-80. Обычно углем осветляют сироп всех рафинадных и двух первых продуктовых кристаллизаций, рафинадной патоки, очищают технологическую воду.

Используют адсорберы периодического и непрерывного действия. На адсорберы поступают сиропы самотеком после гравиевых фильтров. Через первую группу адсорберов

пропускают клерс и сироп первой рафинадной кристаллизации, через вторую — сироп второй рафинадной, первой и второй продуктовых кристаллизаций.

Если работают с тремя рафинадными кристаллизациями, то на первой группе адсорберов обрабатывают и сироп второй рафинадной кристаллизации, а на второй группе — сироп третьей рафинадной кристаллизации.

Адсорберы для патоки рафинадной выделяют отдельно в третью группу. На первой группе адсорберов обрабатывают рафинадные сиропы с 65—67 % СВ, рН 7—7,3 при 80 °С. На второй группе адсорберов обрабатывают сиропы с 63—67 % СВ, рН 6,8—7,1 при 70—78 °С, понижая температуру со снижением доброкачественности продуктов. На третьей группе адсорберов обрабатывают патоку рафинадную с 43—45 % СВ, рН 6,0—6,8 при 70 °С.

Клерс пропускают через адсорбер со скоростью до 6 л/мин. т в течение 48 ч и достигают эффекта обесцвечивания за один проход 50 %, за два прохода — 65—75 %.

Сиропы первой и второй рафинадных кристаллизаций пропускают со скоростью до 10 л/мин. т в течение 144 ч и получают эффект обесцвечивания за один проход — 50 %, за два прохода — 55—65 %. Сиропы третьей рафинадной и первой, второй продуктовых кристаллизаций пропускают со скоростью 8—10 л/мин. т в течение соответственно 220, 72 и 48 ч и достигают эффекта обесцвечивания за один проход 30—40 %, за два прохода — 40—50 %.

Патоку рафинадную пропускают со скоростью 8 л/мин. т в течение 120 ч и получают эффект обесцвечивания 30 %.

Гранулированный уголь после каждого цикла работы регенерируют: промывают водой, водными растворами щелочи, кислоты, пропаривают, прокачивают без доступа воздуха. Температуру промывной воды поддерживают около 95 °С. Уголь промывают до содержания сахара в промоях 0,3—0,4 % (первая группа адсорберов) и 0,6—0,8 % (вторая группа адсорберов). При расходе воды 4—6 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> угля длительность промывки составляет 4—6 ч.

При химической регенерации уголь кипятят 3 ч с 0,5—1,0 % соды кальцинированной к массе угля, промывают водой, пропаривают, промывают 2—3 %-ным раствором соляной кислоты 2 ч, промывают водой до рН 6,5—7, вводят в воду 0,2 % к массе угля соды и кипятят 1 ч. Раствор сливают, уголь пропаривают, подсушивают и направляют на термическую регенерацию.

Термическую регенерацию угля производят в барабанных и шахтных печах при 750—850 °С в течение 15—20 мин (в печи уголь пребывает 36—40 мин).

Производительность барабанной печи 0,3—1,0 т/ч, установки РЗ ПРН 10—10 т/сутки.

*Очистка сиропов ионитами.* Обычно применяют для обесцвечивания сиропов в сахарорафинадном производстве высокоосновной пористый анионит АВ-17-2П на основе сополимеров стирола (ТУ 6-03-13-15-78).

Предварительно сиропы фильтруют и подают на напорные сборники, расположенные на высоте 10—18 м над ионитными колоннами (реакторами). Обесцвеченные сиропы подвергают контрольному фильтрованию и направляют в сборники перед вакуум-аппаратами.

Загрузку и выгрузку анионитов осуществляют гидротранспортом. Регенерацию анионита производят фильтрованным соле-щелочным раствором, подготовленным перемешиванием воды, 26 %-ного раствора натрия хлористого и 42 %-ного раствора едкого натрия при 60 °С. В растворе содержится 10 % NaCl и 0,2—0,7 % NaOH.

Сиропы с 61—65 % СВ, рН 7,1—7,3 при 80 °С обесцвечиваются анионитом АВ-17-2П на 30—40 % (клерс на 50 %). Средняя удельная нагрузка по сиропу — 2 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> анионита. Цикл работы реактора на клерсе, сиропе первой, второй и третьей рафинадной кристаллизаций составляет соответственно 20, 18, 12 и 9 ч.

Удельный расход регенерирующего раствора составляет 4, воды (всего) — 29 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> анионита, воздуха — 50 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> анионита. Давление сиропа в реакторе 0,15, воздуха — до 0,07 МПа. Температура промывной воды 80 °С.

*Технологические параметры процесса уваривания утфелей.* Температура: греющего пара 149 °С, исходного сиропа — 75—80 °С, кипения утфеля — 72—78 °С. Разрежение в вакуум-аппарате 0,08—0,09 МПа, давление греющего пара 0,07—0,1 МПа. Массовая доля сухих веществ в готовом утфеле — 91,5—92 %.

Ультрамарин УС (ОСТ 6—10—404—77) вводят в вакуум-аппарат из расчета до 15 г на 2 т утфеля. Ультрамарин смешивают с 2—3 л воды, фильтруют. Затравку кристаллов вводят в виде просеянной тонкоизмельченной рафинадной пудры при пересыщении 1,15—1,20 (СВ 82 %) и температуре 82—83 °С. На 40 т утфеля вводят 50 г пудры.

Рост кристаллов регулируют подкачками сиропа с таким расчетом, чтобы в 1 г получить 3000—5000 шт. равномерных кристаллов. В конце уваривания в утфеле содержится около 60 % кристаллов. Для уменьшения цветности утфеля в аппарате в два приема до закладки кристаллов и в конце уваривания вводят гидросульфит натрия из расчета 100 г на 10 т утфеля.

Утфели продуктовых кристаллизаций уваривают дольше, чем рафинадные утфели. Так, продолжительность уваривания утфелей I, II, III продуктовых кристаллизаций соответственно составляет 2—2,5, 3—4, 4—6 ч, а продолжительность пребывания их в утфелемешалках-кристаллизаторах — 6—8, 12—16, 70—72 ч. При спуске с вакуум-аппарата утфели имеют 72—75 °С, pH 6,8—7, массовую долю сухих веществ 90—91,5 %.

**Центрифугирование утфелей.** Утфели центрифугируют через 1—1,5 ч после уваривания на вертикальных автоматизированных или саморазгружающихся центрифугах периодического действия и на центрифугах непрерывного действия с пульсирующей выгрузкой сахара. При получении сахара-рафинада прессованного кристаллы в центрифугах промывают клерсом с температурой 65—70 °С, а при получении сахара-песка рафинированного — очищенной водой с температурой 70—80 °С.

Расход клерса при промывке кристаллов первой, второй и третьей рафинадных кристаллизаций составляет 10, 14, 18 %, а расход воды — 3—3,5 % к массе утфелей. Средний выход рафинадной кашки составляет 55 %, влажного рафинированного сахара — 51 % к массе утфеля. Массовая доля влаги в рафинадной кашке сахара-рафинада прессованного быстрорастворимого 1—2, колотого и прессованного в мелкой расфасовке — 2,6—2,8, колотого со свойствами литого — 2,8—3,2.

Перед центрифугированием продуктовых утфелей выдерживают температуру (°С): первой продуктовой кристаллизации — 60, второй — 55, третьей — 40. Для пробеливания утфелей используют горячую воду в количестве 1—1,5 % к массе утфеля.

Доброкачественность межкристалльных оттеков при центрифугировании утфелей первой, второй и третьей продуктовых кристаллизаций составляет соответственно 92—93, 85—87, 68—76 %.

**Прессование, сушка, колка.** Рафинадную кашку из-под центрифуг направляют шнеком, виброконвейером, конвейером, элеватором на просеивание, затем ленточным конвейером (стальная лента или лента из пищевой резины) — на прессование.

Железромагнитные примеси улавливают подвесными типа П-100 (ЭП-1, П-160, ЭП-2) или барабанными типа Ш65-63, ШОО-80 железоотделителями. Железоотделители устанавливают между центрифугами и ленточным конвейером. При скорости ленты 2—2,5 м/с напряженность магнитного поля по середине зазора поверхности полюсов долж-

на быть 160 кА/м для подвесных и 110—130 кА/м для шкивных железоотделителей.

Полюсные наконечники подвесных железоотделителей устанавливают на расстоянии 120—150 мм от поверхности ленты. Рафинадную кашку с влажностью 1,6—3,2 % и температурой 45—55 °С прессуют на бруски и конвейером транспортируют их в сушилку, где они загружаются на полки вагонеток.

Вагонетки проходят две зоны: сушки при 72—75 °С и охлаждения. Бруски сахара перекладываются на нижнюю ветвь конвейера, затем на цепной конвейер — питатель колочной машины, после колки — на упаковку. Влажность брусков после сушки — 0,2 %, температура — 35—40 °С.

Давление прессования до 10 МПа, коэффициент прессования — 25—30. Используют дисковые, ротационные прессы, автоматизированные линии по прессованию, сушке и фасованию. Сушку рафинированного сахара-песка производят при температуре воздуха 100—110 °С и давлении воздуха 5 КПа.

### Сахар жидкий

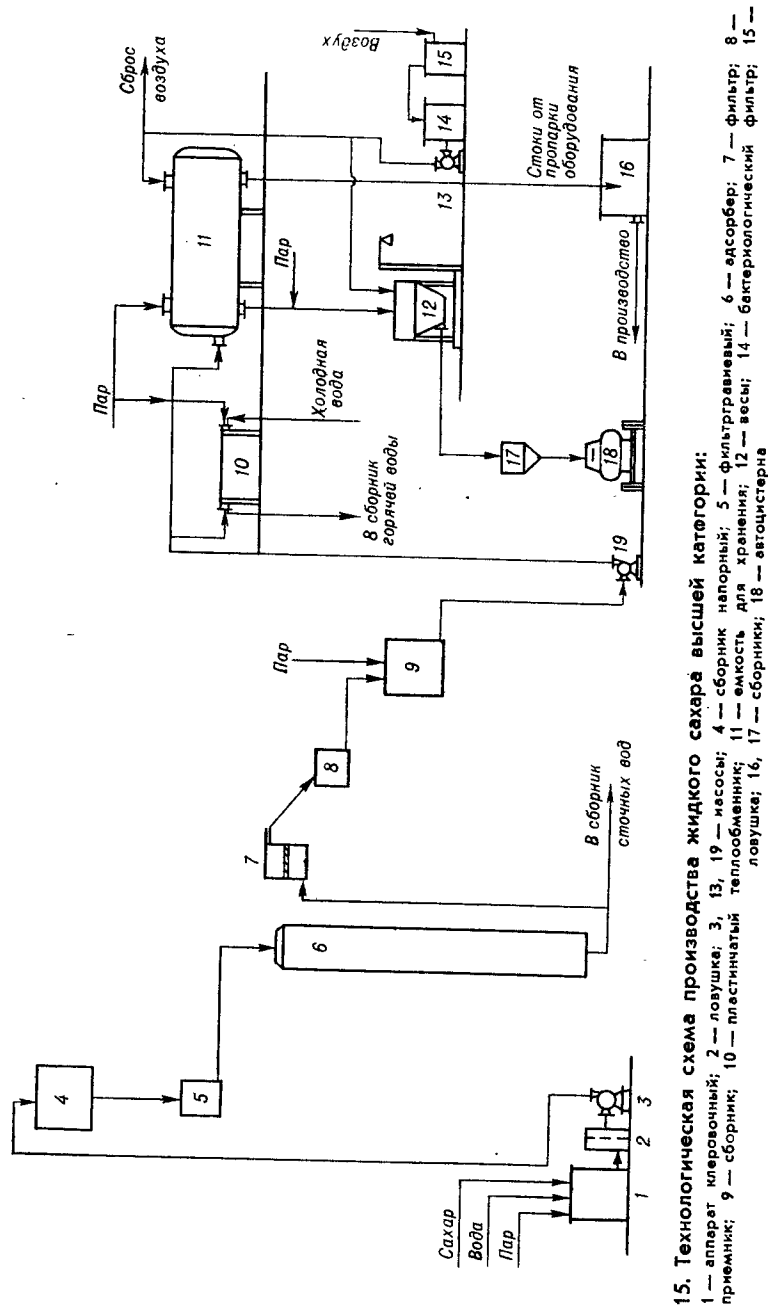
Жидкий сахар представляет собой очищенный сироп рафинированного сахара-песка или рафинадной кашки или очищенный сироп сахара-песка без добавок или с добавками инвертного сахара в виде глюкозно-фруктозных смесей, содержащий 64—67,5 % сухих веществ.

В СССР вырабатывается жидкий сахар высшей, первой и второй категорий. Жидкий сахар высшей категории [42, 43] получают растворением сахара-песка, очисткой сиропов от механических примесей на гравиевых фильтрах и от красящих веществ на адсорберах, фильтрованием (рис. 15).

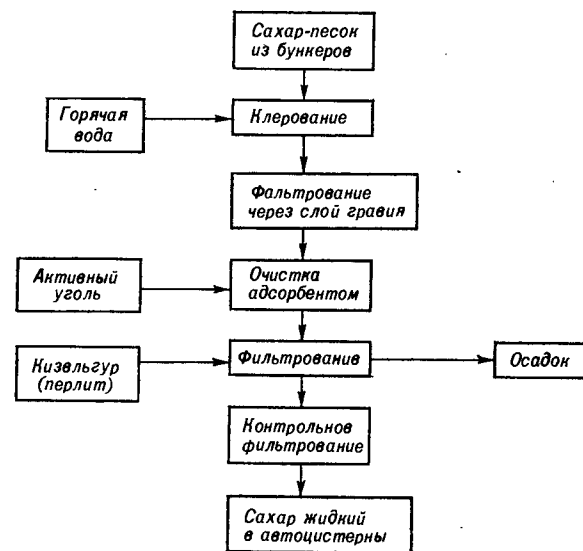
Жидкий сахар первой категории получают растворением сахара-песка и фильтрованием его на гравиевых фильтрах и через слой кизельгура или перлита, второй категории — растворением сахара-песка без дополнительной очистки.

Жидкий сахар высшей и первой категорий используют в качестве сырья для пищевых предприятий, а сахар второй категории — для переработки на сахарорафинадных заводах.

Наиболее качественный жидкий сахар высшей категории (рафинадного достоинства) получают растворением влажного рафинированного сахара-песка или рафинадной кашки и фильтрованием сиропов через слой кизельгура или перлита.



# 16. Технологическая схема производства сахара жидкого из сахара-песка



Технологические, тепловые схемы производства и схемы хранения жидкого сахара разработаны ВНИИСПом (рис. 16).

Очищенный сахар-песок из бункеров поступает в клеровочные сборники и растворяется горячей водой с температурой 90—92 °С. Сироп с содержанием сухих веществ не менее 64 % перекачивают насосом в напорный сборник и фильтруют самотеком через слой гравия в гравиевом фильтре. Сироп обесцвечивают активным гранулированным углем в адсорбере со скоростью до 6 л/мин на 1 т адсорбента или активным порошкообразным углем со скоростью 1 л/мин на 1 м<sup>2</sup> площади поперечного сечения фильтра [42]. Очищенный жидкий сахар сливают в автоцистерну или в емкости для хранения и возврата его в производство.

Если после гравиевых фильтров сироп фильтруют через слой кизельгура или перлита на патронных фильтрах, фильтр-прессах или фильтрах ФЦВО, то получают жидкий сахар первой категории.

Жидкий сахар рафинадного достоинства вырабатывают путем транспортирования вибротранспортером, элеватором из-под центрифуг влажного рафинированного песка (рафинадной кашки) в клеровочный сборник, раствора сахара водой с температурой 90—92 °С, фильтрация сиропа с температурой 80 °С через слой фильтроперлита и на конт-

# 19. Физико-химические показатели жидкого сахара

Показатели	Норма		
	Высшая категория	Первая категория	Вторая категория
Массовая доля сахарозы (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	99,80	99,55	99,55
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	64	64	64
Массовая доля сухих веществ (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,04	0,05	0,065
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,03	0,03	0,05
Цветность, усл. ед., не более	1	1,6	2
pH среды	6,8—7,2	6,8—7,2	6,8—7,2

рольных фильтрах. Скорость фильтрования составляет 8—10 л/м<sup>2</sup>·мин.

В соответствии с требованиями ОСТ 18—170—85 сахар жидкий должен быть светло-желтым, иметь сладкий вкус без посторонних привкусов, быть прозрачным и не иметь посторонних запахов (для второй категории допускается специфический запах сиропа с клеровкой и небольшое помутнение). По физико-химическим показателям жидкий сахар должен соответствовать требованиям, приведенным в табл. 19.

Жидкий сахар, вырабатываемый за рубежом, содержит 67—67,5 % сухих веществ, 66,4—67,3 % сахарозы, 0,2—0,5 % инвертного сахара, имеет pH 6,2—7,0, зольность — 0,02—0,06 %.

Жидкий инвертный сахар содержит 76,5—77 % сухих веществ, 37—38,5 % сахарозы, 38—40 % инвертного сахара, 0,06—1 % золы, имеет pH 4,5—5,2.

В ряде стран жидкий сахар производят из сахара-сырца тростникового путем аффинации его, растворения в воде аффинада, фильтрования, очистки гидроксидом кальция и диоксидом углерода, активным углем. В Англии для очистки применяют фосфорную кислоту, известь, воздух, флоккулирование, иониты. При углубленной очистке рафинированных сиропов ионитами получают так называемую жидкую сахарозу с содержанием сухих веществ 67 %. Очистку сиропов производят при повышенных концентрациях сухих веществ 55—60 %.

Жидкий сахар можно получить из межкристалльных оттоков утфеля второго продукта, тростниковой мелассы.

Жидкий инвертный сахар производят из мелассы или других сахарных растворов путем расщепления сахарозы до глюкозы и фруктозы ферментом инвертазой (β-фруктофуранозидазой) или хлебопекарными, пивными дрожжами, реже кислотами.

Инвертаза дрожжей при pH 4,5 и температуре 50 °C способна в сиропах с содержанием сухих веществ около 50 % расщепить сахарозу до глюкозы и фруктозы на 90 %, а при снижении концентрации сиропа до 10—40 % СВ — на 100 %.

Применение иммобилизованных клеток дрожжей, содержащих инвертазу, может стать наиболее экономичным способом производства жидкого инвертного сахара.

При кислотном гидролизе (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) сахарных сиропов концентрацией до 30 % СВ при pH около 1 и температуре 95—110 °C в течение 10—15 мин сахароза полностью расщепляется до глюкозы и фруктозы, однако при этом может образоваться от 50 до 440 мг/л оксиметилфурфурола — вещества, вредного для здоровья людей.

Для уменьшения содержания оксиметилфурфурола в сиропах при кислотном гидролизе рекомендуется уменьшать содержание кислоты (до pH 1,6—1,8), снижать длительность и температуру гидролиза, вводить в реактор активный уголь, возможно более глубоко охлаждать продукт после гидролиза и в ходе нейтрализации кислоты, сокращать длительность между гидролизами и нейтрализацией и самого процесса нейтрализации. При этом имеют значение концентрация кислоты, щелочи, однородность смеси.

Жидкий инвертный сахар в ряде стран получают из фруктовых соков фиников, винограда, яблок (табл. 20). Отжатый сок очищают от взвешенных и пектиновых веществ, пропускают через сильнокислые катиониты и слабоосновные аниониты, фильтруют, сгущают под вакуумом.

Наиболее распространенными видами жидкого сахара и жидкого инвертного сахара в мире являются: чистая жидкая сахароза, жидкая золотая сахароза, жидкая янтарная сахароза, промысленная жидкая сахароза, чистый гладкий инвертный сахар (1 : 1) и др.

Жидкий сахар исполь-

## 20. Состав жидкого инвертного сахара из фруктово-ягодных соков

Показатели	Жидкий сахар	
	из фиников	из винограда
Сухих веществ, %	71,5	70
Глюкозы, %	38,34	52
Фруктозы, %	32,51	42,8
Других сахаров, %	0,12	5
Золы, %	0,03	0,05
Цветность, ед.	120	50
pH	8,3	4,7

## 21. Химический состав сока сахарного тростника

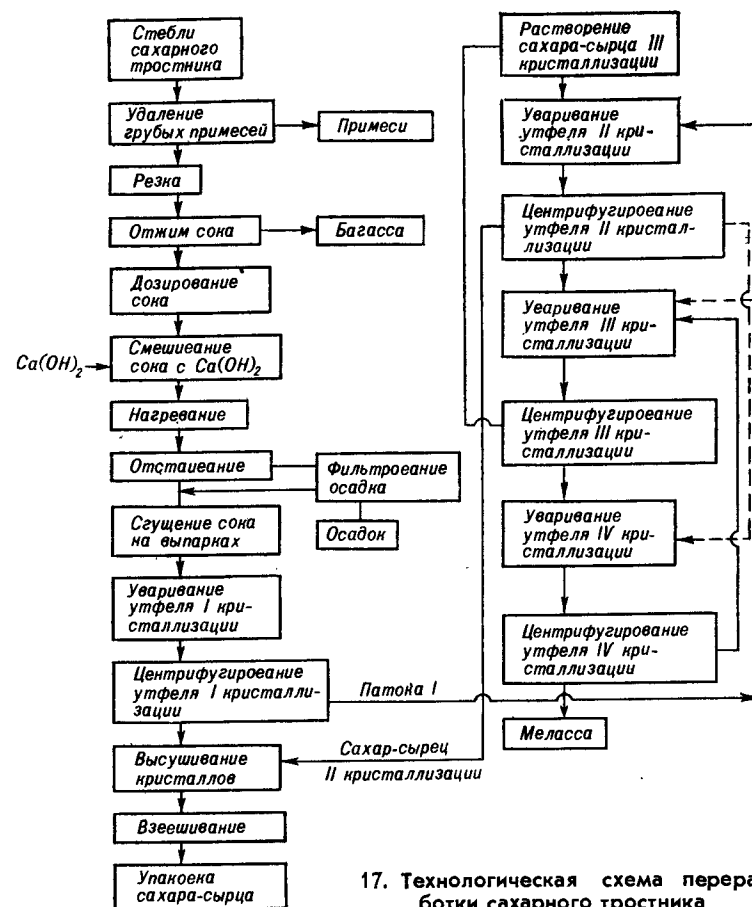
Вещества	Массовая доля веществ в стебле, %
Вода	74,50
Сахароза	12,50
Фруктоза	0,90
Глюкоза	0,60
Общий азот	0,06
Азотистые вещества в т. ч.:	0,40
альбуминоиды	0,12
амиды	0,07
аминокислоты	0,20
азотная кислота	0,01
Безазотистые несахаристые вещества в т. ч.:	10
целлюлоза	5,50
ксилан	2
арабан	0,50
лигнин	2
Жиры и воск	0,20
Пектиновые вещества	0,20
Свободные кислоты	0,08
Связанные кислоты	0,12
Зола в т. ч.:	0,50
K <sub>2</sub> O	0,12
SiO <sub>2</sub>	0,25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07
CaO	0,02
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,01
MgO	0,01

зуется в кондитерской, хлебопекарной, консервной, пивобезалкогольной, фармацевтической отраслях промышленности. Его целесообразно применять для приготовления фруктовых компотов, маринадов, соков с мякотью, конфет с начинками, леденцовой карамели, мармеладно-пастильных изделий, безалкогольных напитков, булочек, бубликов, тортов, печенья и др. Рекомендуемая температура хранения жидкого сахара 25—30 °С.

### ПЕРЕРАБОТКА САХАРА-СЫРЦА ТРОСТНИКОВОГО

Типичный химический состав сока сахарного тростника приведен в табл. 21.

Из-за высокого содержания редуцирующих веществ в соке сахарного тростника (до 1,5 %) нельзя применять его для



17. Технологическая схема переработки сахарного тростника

переработки на сахар-сырец при повышенном количестве извести.

Поэтому тростниковосахарные заводы работают с меньшим количеством извести, нежели свеклосахарные. Технологическая схема переработки сахарного тростника в сахар-сырец (рис. 17) включает такие процессы. Сахарный тростник разрезается на куски и поступает на отжимные вальцовые прессы. Багасса удаляется. Сок направляют в мерники, а потом в мешалку. Сюда же задают известковое молоко.

Суспензию нагревают и отстаивают от осадка в отстойниках. Грязь фильтруют и фильтрат возвращают в мешалку с известью.

## 22. Состав утфелей и патоки сахаротростникового производства

Продукты	Содержание сухих веществ, % Вх	Содержание сахара, %	Доброкачественность, %
Утфели:			
I(A)	91,2	77,8	85,3
II(B)	92,5	71	76,7
III(C)	93,5	64,5	69
IV(D)	94	52,3	55,6
Патоки:			
I	62	41,8	67,4
II	62	37,4	60,3
III	59	29	49,2
Меласса	7,8	29,2	33,3

Утфеля II, а сахар-сырец IV — в утфель III.

Для повышения кристаллизационной способности последних утфелей в вакуум-аппарат добавляют патоки более доброкачественных продуктов. В нормальном соке сахарного тростника содержится 18,9 % СВ, 15,9 % сахара, около 0,8 % инвертного сахара. Доброкачественность его составляет 84,44 %. При разбавлении сока водой содержание веществ снижается до 12—15 %. Очищенный сок имеет доброкачественность 85—85,5 %. В густом сиропе содержание инвертного сахара доходит до 2,6 %, а сахара — до 54 %. Состав утфелей и межкристалльных растворов (паток) приведен в табл. 22. В стеблях сахарного тростника содержится 12,5—13 % сахара по массе стеблей. Выход кристаллического сахара в результате переработки стеблей составляет 10,91 % (коэффициент извлечения 83,6 %). Содержание сахара в мелассе составляет 1,23 %, а потери сахара — 0,91 %, в том числе в багассе — 0,76, в фильтрационном осадке — 0,08, неучтенные — 0,07 %.

Тростниковый сахар-сырец, поставляемый в СССР Республикой Куба, имеет хорошее качество и характеризуется следующими показателями (табл. 23). Базисное содержание сахарозы в сахаре-сырце составляет 96 %. Сахар-сырец поставляют обычно с доброкачественностью 97,0—98,5 %. Допускается поставка сахара-сырца с содержанием сахарозы не менее 93 % и влаги 0,7 %. Но при этом применяется скидка с цены. Тростниковый сахар-сырец — кристаллическое вещество с размером частиц 0,2—1,5 мм, покрытых пленкой межкристалльного раствора и имеющих фруктовый за-

Отстоянный сок сгущают под вакуумом на выпарках до 50—60 % СВ и окончательно концентрируют в вакуум-аппаратах, уваривают на утфель I (A). Утфель I центрифугируют, сахар-сырец высушивают. При использовании межкристалльных растворов уваривают последовательно в вакуум-аппаратах утфели II, III и IV (B, C и D). Сахар-сырец II продукта добавляют в сахар-сырец I продукта. Сахар-сырец III возвращают на уварива-

## 23. Состав сахара-сырца тростникового

Показатели	Образцы сахара-сырца разных партий		
	I	II	III
Содержание влаги, %	0,78	0,88	0,99
Содержание сахарозы, % по прямой поляризации	97,19	97	96,75
по инверсионной поляризации	97,56	97,39	97,06
Содержание редуцирующих веществ	0,81	0,66	0,85
Содержание органических кислот, мг-экв/100 г СВ	5,10	5,20	6,02
Содержание аминокислот, мг-экв/100 г СВ	1,20	0,76	0,90
Содержание коллоидов, %	0,78	1,60	1,90
Содержание золы углекислой, %	0,42	0,35	0,38
Содержание красящих веществ, %	0,57	0,67	0,77
Цветность, усл. ед.	30,0	46	77,3
pH	5,8	5,8	5,4

пах ароматических веществ (эфиров) стеблей сахарного тростника. Кристаллы принадлежат к моноклинической системе, могут быть в виде иголок, сферолитов, друз, комков.

В сахаре-сырце III образца содержалось продуктов карамелизации в 3, меланоидинов — в 2, продуктов щелочного распада редуцирующих веществ в 1,2 раза больше, чем в сахаре-сырце I образца. Допустимая влажность сахара-сырца при хранении зависит от содержания сахарозы: 99 % сахарозы — 0,3 влаги, 96 сахарозы — 1,2 влаги, 94 сахарозы — 1,81 % влаги. Потери сахара-сырца при хранении и транспортировке составляют 0,04—0,06 % к его массе. Рекомендуемая длительность работы завода на сахаре-сырце составляет 120 суток. Для обеспечения технического перевооружения предприятия необходимо один раз в 4—5 лет не производить переработку сахара-сырца. Выход сахара из сахара-сырца составляет 92,7—96,8 %. В 1986 г. он составил 96,46 % при потерях сахара в производстве 0,79 % и содержании его в мелассе 0,86 %. Ряд предприятий имеют высокий выход сахара при переработке сахара-сырца — 96,6—96,8 %.

При бестарном хранении сахара-сырца в бунтах, а также в мешках может происходить ухудшение его качества из-за химических реакций, протекающих в основном в слое межкристалльного раствора вокруг кристалла, и микробиологических процессов.

При этом увеличивается цветность сахара-сырца и уменьшается содержание сахарозы. К химическим реакциям при хранении сахара-сырца относят расщепление сахарозы под действием щелочей, кислот, микроорганизмов (ферментов)



вначале до глюкозы, фруктозы, а потом — до красящих веществ, оксиметилфурфурола, глицеринового альдегида, метилглиоксала, молочной, уксусной, муравьиной и леулиновой кислот. В результате взаимодействия глюкозы и фруктозы с аминокислотами (аспарагиновая, глутаминовая,  $\alpha$ -аминомасляная, аланин, глицин, лизин, серин, лейцин, треонин, тирозин) образуются меланоидины (реакция Майяра). Органические кислоты, образующиеся при разложении сахарозы, повышают кислотность среды и автокатализируют реакцию гидролиза сахарозы, ускоряют ее. Различают три основные группы красящих веществ: продукты щелочного разложения редуцирующих веществ, продукты дегидратации (карамелизации) сахарозы и меланоидины [45—46].

Внутри бунтов при повышении температуры до 55—65 °С (иногда до 75 °С) сахар-сырец самосогревается и реакции разложения веществ резко ускоряются. Ряд исследователей заметили, что с увеличением цветности сахара-сырца при хранении в нем уменьшается количество аминокислот в 1,6—2,9 раза, а на каждые 10 ед. прироста цветности содержание коллоидов повышается на 0,057 %.

Ингибиторами реакций нарастания цветности являются ионы  $\text{HSO}_3^-$ , вступающие в реакцию с карбонильными группами сахаров и продуктами их распада — оксиметилфурфуролом и метилглиоксалем [47]. Предложены способы обработки сахара-сырца до хранения сульфитом натрия (аффинация оттеком с 1 % сульфита натрия) [47].

Обработка сахара-сырца щелочными растворами, например, кальцинированной содой, до pH, близкого к нейтральному, улучшает условия хранения его. При хранении сахара-сырца в режиме низких температур общее количество мезофильных микроорганизмов в течение 4 месяцев увеличивалось в 13 раз, слизееобразующих мезофилов — в 4,7 раза, а количество плесневых грибов уменьшилось в 3,5 раза. С повышением относительной влажности воздуха до 80—90 % сахар-сырец увлажняется (до 1,55 % и более), а при 19—23 °С — сильно развиваются микроорганизмы. При относительной влажности воздуха 65—72 % влажность сахара-сырца постепенно уменьшается и через 7 месяцев достигает 0,67 %, общее количество мезофилов и слизееобразующих термофилов уменьшается в 3, а общее количество плесневых грибов увеличивается в 23,3, термофилов — в 2,9 раза [46]. В результате жизнедеятельности микроорганизмов количество редуцирующих веществ уменьшается (например, с 0,88 до 0,11 %). Обсемененность сахара-сырца микроорганизмами возрастает со снижением доброка-

чественности, нарушениями санитарии, повышением влажности и температуры.

М. Муро [48] определил, что в промышленных условиях Республики Куба при хранении сахара-сырца стандартного качества (Дб 98,1 %) в течение 4 мес при относительной влажности воздуха 60—70 % содержание сахарозы снизилось на 0,2 % при 30 °С и на 1,6 % при 47 °С, а цветность соответственно повысилась на 13 и 90 ед. Горнэ (допустимая цветность 50 ед. Горнэ). При хранении сахара-сырца до 230 сут в бунтах в условиях Республики Куба потери сахарозы могут составить 0,48 % и более.

В климатических условиях СССР в течение года при хранении сахара-сырца в бунтах складов цветность возрастала от 33,41 до 34,92—95,34 усл. ед. в зависимости от высоты слоя и расстояния от стены склада. Влажность может увеличиваться, уменьшаться, не изменяться. Содержание сахарозы уменьшается значительно с повышением влажности, например, если влажность возросла с 0,68 до 1,22 %, то содержание сахарозы по прямой поляризации уменьшилось с 97,55 до 94,05 %. Наиболее высокие влажность и цветность сахара-сырца наблюдаются в нижних слоях бунта (до 3 м).

К основным рекомендациям по предупреждению ухудшения качества сахара-сырца при хранении следует отнести следующие. На хранение следует закладывать сахар-сырец с содержанием влаги не более 1 %.

При содержании сахарозы в сахаре-сырце менее 97,5 % его нельзя направлять на длительное хранение. Сахар-сырец необходимо охлаждать в ходе хранения с 50 до 30—35 °С, применяя специальные установки и приточно-вытяжную вентиляцию [46]. Герметичность складов (непроницаемость для воздуха, пыли), соблюдение санитарных условий, необходимой относительной влажности и температуры, применение ингибиторов цветных реакций (диоксид серы, соли сернистой кислоты и др.) позволяют в совокупности хорошо сохранить сырье.

**Технологическая схема переработки сахара-сырца.** Большинство применяемых в мире технологических схем переработки сахара-сырца отличаются методами очистки растворов. Однако существуют схемы без очистки, с применением четырех кристаллизаций [46].

На нескольких заводах в США сахар-сырец аффинируют оттеком, получаемым от центрифугирования аффинационного утфеля. Клеровку рафинированного сахара очищают кизельгуром (0,1 % по массе СВ), активным углем. Сироп уваривают в 1 рафинадный утфель, из которого выра-

батывают рафинад. Продуктовый утфель уваривают из аффинационного оттека. Сахар I продукта клеруют с аффинированным сахаром, II продукта — обесцвечивают активным углем и уваривают. Полученный из утфеля II продукта сахар-рафинад II после обработки реализуют как «коричневый» или «золотой».

В ГДР клеровки сахара-сырца очищают известью и диоксидом углерода. На некоторых заводах США используют для этого фосфорную кислоту, известь и костяной уголь. Схема включает подготовку 3—4 рафинадных и 2—3 продуктовых утфелей.

Фирма БМА (ФРГ) предложила очистку вести двумя способами: фосфорной кислотой, известью и активным углем или известью; диоксидом углерода, активным углем и кизельгуром. В Японии клеровку сахара-сырца очищают известью, диоксидом углерода, активным углем, анионитом.

На рафинадных заводах Республики Куба применяют схемы с аффинацией сахара-сырца, очисткой растворов фосфорной кислотой, известью, активным или костяным углем.

Обычно расход реагентов на очистку составляет: извести — 0,5—1,5 %, активного угля — 0,25—1, кизельгура — 0,3, тринатрийфосфата — 0,1—0,2 % по массе сахара-сырца. Диоксид углерода добавляют до достижения pH 8,5—9, а диоксид серы — до pH 7—7,2. В случае применения тринатрийфосфата pH увеличивают до 11. Существуют различные схемы с аффинацией и очисткой известью.

Клеровка сахара-сырца может обрабатываться на дефеко saturации совместно с клеровками сахаров III, IV и V или сахара аффинируются совместно и очистка химическими реагентами не производится.

Современная, наиболее часто применяемая в СССР технологическая схема переработки сахара-сырца является трехпродуктовой с возвратом на дефеко saturацию до 60 % оттека утфеля I продукта.

В клеровку сахара-сырца совместно с клеровкой желтого сахара последнего продуктового утфеля и частью I оттека утфеля I продукта добавляют известковое молоко, нагревают и направляют на дефекацию. Сатурацию производят в два этапа с добавлением в сок перед II сатурацией  $\text{CaOH}_2$ . Осадок  $\text{CaCO}_3$  и несахаров 2—3 раза промывают. Промой используют на клерование сахара-сырца, желтых сахаров II и III продуктов. Осадок удаляют. Клеровку сульфитируют  $\text{SO}_2$ , нагревают, фильтруют, уваривают на утфель I продукта. Утфель центрифугируют и полученный

сахар-песок высушивают. Сахар-песок по качеству соответствует ГОСТ 21—78. Первый оттек направляют на уваривание утфеля II продукта, а второй оттек — на уваривание утфеля I продукта. При центрифугировании утфеля II продукта желтый сахар растворяют и возвращают на сульфитацию, а первый оттек — на уваривание утфеля III продукта, при центрифугировании которого получают мелассу и желтый сахар III продукта.

Более сложная технологическая схема применяется, если из сахара-сырца получают сахар-рафинад путем перекристаллизации сахара-песка или без его получения. С применением аффинации сахаров [50] удается достичь эффекта обесцвечивания до 77 %, удаления редуцирующих сахаров до 84,5, коллоидов — 40, крахмала — 45, золы — до 65 %. Однако при этом количество продуктов увеличивается до 5, что из-за недостатка оборудования не везде выполнимо. Хорошие результаты получают на заводах, где налажена промывка желтых сахаров на центрифугах, очистка клеровок активными углями, сиропы дважды фильтруют.

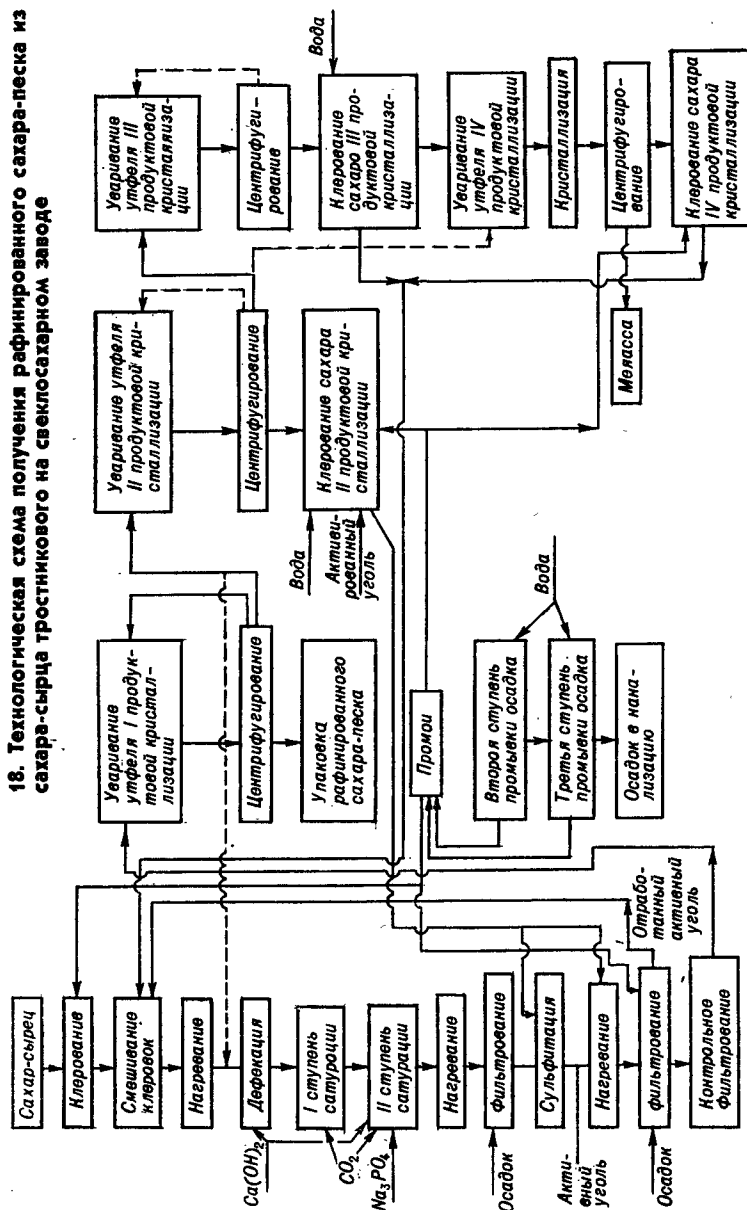
При переработке сахара-сырца в рафинированный его взвешивают и клеруют промойми дефеко saturационных осадков (рис. 18). Промой нагревают до 90 °C. В клеровку с 65 % СВ вводят при 81—85 °C 20 %-ную суспензию порошкообразного активного угля в количестве 0,4 % угля к массе сахара-сырца. Длительность контакта 10—12 мин.

Клеровку сахара-сырца, сахаров III и IV кристаллизаций нагревают и подают на дефекацию, которую осуществляют при 70 °C в течение 15 мин. Расходуют на дефекации 3,5—4,5 %  $\text{CaO}$  к массе сахара-сырца. Перед II ступенью сатурации в контрольный ящик I сатурации добавляют до 0,5 % к массе сахара-сырца извести и до 0,3 % раствора тринатрийфосфата. Клеровку после сатурации нагревают до 80—85 °C, фильтруют, сульфитируют до pH 7,2—7,5. Фильтрование (основное и контрольное) проводят под постоянным давлением до 0,05—0,06 МПа.

Утфель I кристаллизации уваривают до 92—93 % СВ из очищенной фильтрованной клеровки сахара-сырца и клеровок сахаров II, III и IV кристаллизаций. В конце уваривания в вакуум-аппарат забирают второй оттек утфеля I кристаллизации, вводят 0,0025 % к массе сахара-сырца гидросульфита натрия и 0,003 % ультрамарина. При спуске с вакуум-аппарата утфель разбавляют собственным первым оттеком до 91,0—91,5 % СВ, поддерживая при этом цветность не выше 5—7 усл. ед.

Утфель I кристаллизации уваривают при 72—76 °C в течение 2—2,5 ч. Доброкачество утфеля — 97—98 %.

18. Технологическая схема получения рафинированного сахара-песка из сахара-сырца тростникового на свеклосахарном заводе



Утфель центрифугируют при 70—74 °С, кристаллы пробеливают водой с температурой 93—97 °С. Расход воды — 1—1,5 % к массе утфеля. Утфель II кристаллизации уваривают из первого оттока утфеля I кристаллизации и второго собственного оттока до 92 % ( $\pm 0,5$ ) СВ. При 68—72 °С длительность уваривания 4—4,5 ч.

Доброкачество утфеля II кристаллизации — 94,0—94,5 %. Утфель центрифугируют при 66—70 °С, кристаллы пробеливают (0,5 % воды к массе утфеля). Цветность сахара не должна превышать 1,5—2 усл. ед., а цветность клеровки — не более 4,0—4,5 усл. ед. Сахар клеруют до 63—67 % СВ при 81—85 °С в течение 20 мин.

Утфель III кристаллизации уваривают из оттока утфеля II кристаллизации при 66—70 °С в течение 6 ч до 93—94 % СВ. Доброкачество утфеля 84—85 %. Утфель «раскачивают» до 91,5—92,5 % СВ и центрифугируют при 66—70 °С. Утфель IV кристаллизации уваривают из оттока утфеля III кристаллизации. На заводку кристаллов вводят в аппарат первый отток утфеля II кристаллизации.

Утфель IV кристаллизации уваривают при 66—70 °С до 94—95 % СВ. Доброкачество утфеля — 73—75 %. Утфель центрифугируют при 92—93 % СВ. Доброкачество мелассы — не более 55 %.

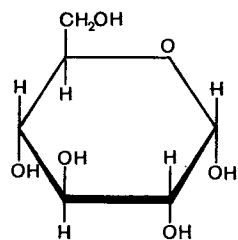
Режим клерования сахаров III и IV кристаллизаций аналогичен клерованию сахара II кристаллизации. Утфель IV кристаллизации кристаллизуют в мешалках-кристаллизаторах несколько суток при охлаждении до 35 °С.

Более сложная технологическая схема переработки сахара-сырца на сахар-рафинад и рафинадную пудру включает в себя подготовку клерса, утфелей трех продуктовых и трех рафинадных кристаллизаций. Утфель I рафинадной кристаллизации уваривают из очищенного сиропа сахара-сырца и сахара I продуктовой кристаллизации.

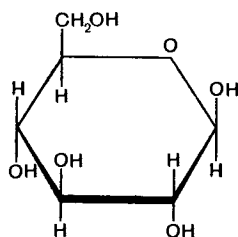
## ГЛЮКОЗОСОДЕРЖАЩИЕ САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

### Глюкоза кристаллическая гидратная

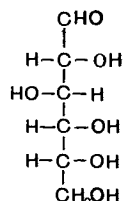
Глюкоза (декстроза, виноградный сахар,  $\alpha$ - и  $\beta$ -D-глюкопираноза) принадлежит к группе моносахаридов, называемых альдогексозами. Глюкоза  $C_6H_{12}O_6$  в виде D-формы — самый распространенный углевод. В свободном виде находится в меде, ягодах, фруктах, овощах, цветках, стеблях и корнях растений, в животных тканях, крови, мозгу. Она входит в состав полисахаридов (крахмал, гликоген, целлюлоза), олигосахаридов (тростниковый сахар, молочный сахар), гликозидов и других сложных веществ.



$\alpha$ -D-глюкопираноза



$\beta$ -D-глюкопираноза



альдегидо-D-глюкоза

19. Структурные формулы  $\alpha$ -D и  $\beta$ -D-глюкопиранозы, альдегидо-D-глюкозы

D-глюкоза — основной источник энергии живых организмов. При гликолизе 1 г/моля глюкозы выделяется 196,3 кДж. Ферментативное расщепление глюкозы в живой клетке протекает до образования молочной кислоты, сопряженной с образованием аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

Образует несколько взаимопревращающихся D-форм:  $\alpha$ - и  $\beta$ -пиранозную,  $\alpha$ - и  $\beta$ -фуранозную, открытую альдегидную и гидратную (рис. 19). Равновесная смесь форм в воде имеет  $[\alpha]_D = +52,7^\circ$ .

Кристаллическая глюкоза имеет  $\alpha$ -D и  $\beta$ -D формы.  $\alpha$ -D-глюкоза кристаллизуется из водных растворов в виде моногидрата, имеет температуру плавления  $146^\circ\text{C}$  и  $[\alpha]_D = +112,2^\circ$ .  $\beta$ -D-глюкозу выкристаллизовывают из пиридина, метанола и других органических растворителей. Ее температура плавления  $148\text{—}150^\circ\text{C}$   $[\alpha]_D = +18,9^\circ$  (в воде).

Глюкоза является восстанавливающим сахаром, образует производные, характерные для альдегидов (озазоны, фенилгидразоны). При восстановлении образует спирт сорбит, при окислении альдегидной группы — D-глюконовую или D-сахарную кислоты, при окислении вторичной спиртовой группы — D-глюкуроновую кислоту. Пиролиз глюкозы дает  $\alpha$ - и  $\beta$ -глюкозаны.

L-глюкоза получена синтетически при восстановлении лактона L-глюконовой кислоты. Кристаллы L-глюкозы имеют температуру плавления  $142\text{—}143^\circ\text{C}$  и  $[\alpha]_D = -95,5^\circ\text{C}$  (в воде) и  $-51,4^\circ\text{C}$  при равновесии форм в воде.

В СССР кристаллическую гидратную глюкозу получают кислотным (с соляной кислотой) и кислотнo-ферментативным способами. Освоен способ двойного ферментативного расщепления крахмала.

Производство глюкозы включает такие процессы: под-

готовку крахмала к гидролизу, разжижение, осахаривание крахмала, нейтрализацию кислоты или инактивацию ферментов, очистку растворов фильтрованием через фильтрующие присадки, адсорбентами, ионитами, сгущение, охлаждение и кристаллизацию растворов, центрифугирование утфелей, сушку, просеивание и взвешивание кристаллов (рис. 20).

Крахмальную суспензию концентрацией 38—40 % СВ закачивают в мерник (объемное дозирование) и забирают в гидролизер (конвертор). Катализатор при гидролизе — соляная кислота в количестве 0,10—0,12 % к массе безводного крахмала (в пересчете на 100 %-ную кислоту); pH гидролизуемой суспензии 1,8—2,2.

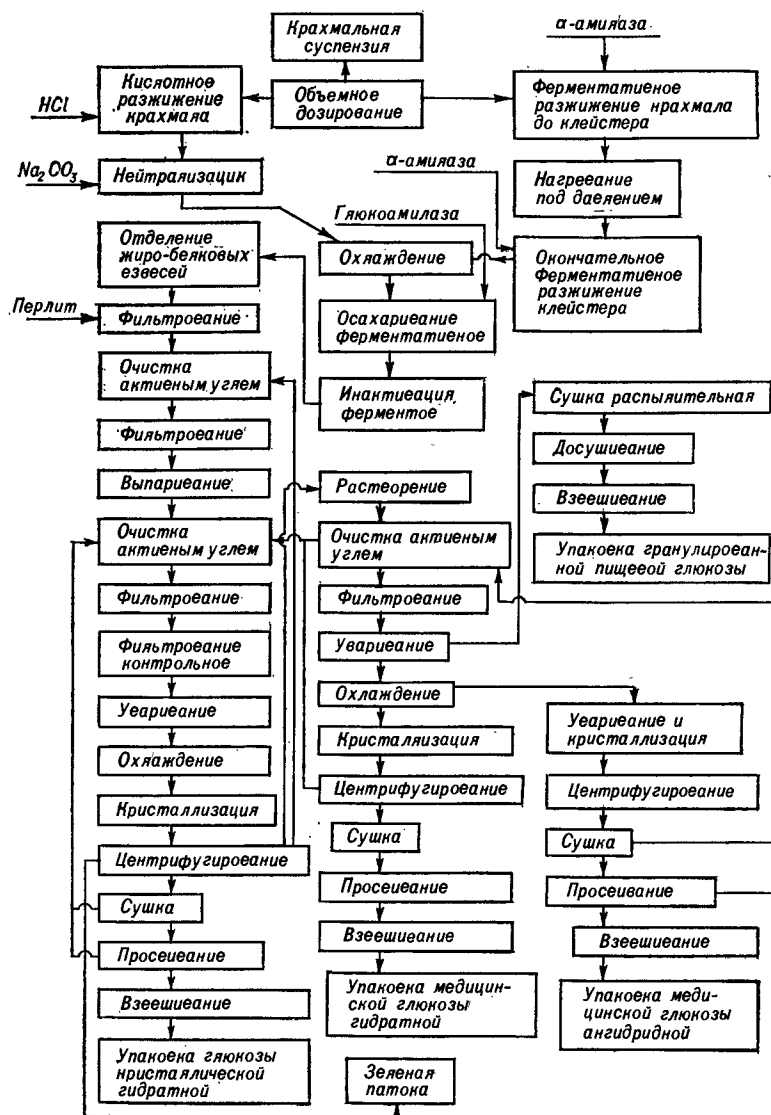
Крахмал разваривают до равномерного клейстера при давлении пара 0,02—0,03 МПа. Разжижение клейстера осуществляют при избыточном давлении пара 0,25 МПа.

Процесс контролируют по наличию крахмала (синее окрашивание с иодом). Бордово-фиолетовый цвет свидетельствует об окончании гидролиза. Гидролизат под воздействием давления в аппарате перетекает в циклон-испаритель, в котором при остаточном давлении 0,05—0,06 МПа температура снижается со  $140\text{—}145$  до  $62\text{—}63^\circ\text{C}$ . Из циклона-испарителя раствор поступает в pH-сборник, охлаждается до  $60^\circ\text{C}$ , а из него — в нейтрализатор. Соляная кислота, имеющаяся в растворе, нейтрализуется 18 %-ным водным раствором кальцинированной соды до pH 4,7—5. Окончание процесса нейтрализации определяют по индикатору метиловому красному или pH-метру. Изoeлектрическая точка осаждения белковых веществ соответствует pH 4,7.

Образующийся при нейтрализации кислоты натрий хлористый остается в конечном итоге в межкристалльном растворе (зеленая патока или гидрoл).

Нерастворимые примеси (белки — 0,3—0,7 %, жир — 0,2—0,4, мелкая мезга — 0,05 и другие взвешенные вещества — всего до 1,5 %) удаляются фильтрованием с предварительным нанесением на фильтрующую ткань присадки (перлит, кизельгур, бентонит). Расход фильтрующего порошка обычно 0,8—0,9 % к массе перерабатываемого крахмала. Температура фильтрования  $75\text{—}80^\circ\text{C}$ . При избыточном давлении 0,05—0,15 МПа можно достичь скорости фильтрования  $160\text{—}200\text{ л/м}^2\cdot\text{ч}$ . Для фильтрования применяют барабанные вакуум-фильтры с микросъемом осадка.

Очистку гидролизатов от красящих веществ и растворимых примесей производят осветляющим древесным активным углем марки ОУ-Б в количестве по 0,5 % безводного



20. Технологическая схема производства различных видов глюкозы кристаллической

угля к массе сухих веществ раствора в два этапа — в растворах до и после выпарной станции. Адсорбцию проводят при 70—80 °С в течение 25—30 мин. И хотя процесс адсорбции заканчивается за 7—10 мин, такая продолжитель-

ность нужна для хорошей смачиваемости частиц угля; рН суспензии обычно 4,5—5.

Активный уголь удаляет из раствора большинство красящих, зольных веществ, солей железа, коллоидов. Для фильтрования применяют фильтр-прессы, патронные фильтры, фильтр-прессы автоматические ФПАК-М.

В отработанном угле содержится до 40 % сахаристых веществ, 15 белковых и до 2 % жировых веществ. Поэтому осадок угля промывают горячей водой до содержания не более 15 % сухих веществ. Для этого используют сборник с мешалкой и фильтр.

Сгущение жидких очищенных гидролизатов с содержанием 22—35 % сухих веществ осуществляют в трехкорпусных выпарных станциях до 55—57 % СВ.

Сиропа очищают активным углем и сгущают в вакуум-аппаратах до 74—76 % СВ, фильтруют через капроновое сито № 71—73, охлаждают до 48—50 °С и заливают в кристаллизатор, содержащий около 30 % утфеля, оставшегося от предыдущей кристаллизации.

Так как при выкристаллизовывании 1 моля гидратной глюкозы выделяется 19 кДж тепла, кристаллизацию ведут при перемешивании и охлаждении по определяемому лабораторией графику от 43—44 °С (температура утфеля после заливки сиропа в затравочный утфель) до 28 °С. При выкристаллизовывании α-формы глюкозы протекает процесс мутаротации и частично α-форма превращается в β-форму до достижения равновесного состояния.

Образующиеся кристаллы моногидрата глюкозы могут иметь размер 0,1—1 мм. При содержании более 50 % кристаллов в утфеле они истираются.

Сироп, поступающий на кристаллизацию, имеет обычно глюкозный эквивалент (ГЭ) 89,5—91,5 % при кислотном и 95—97 % при ферментативном расщеплении крахмала. В конце кристаллизации межкристальный раствор (зеленая патока) содержит 61—63,5 % СВ и имеет ГЭ 75,5—77,5 %.

Во избежание микрообсеменности станции кристаллизации глюкозы, кроме специальных мер, предусматривают изменение технологического графика охлаждения утфеля с 43 до 35 °С, повышение концентрации заливаемого в кристаллизаторы сиропа до 77—78 %. Дисковые кристаллизаторы имеют объем 37—57 м³, поверхность охлаждения 1,7—3 м² на 1 м³ утфеля.

Утфели центрифугируют на центрифугах ФПН-1251Л с фактором разделения 1560. Почти 60 % межкристального раствора возвращают в производство, а 40 % (зеленая па-

тока) реализуют предприятиям микробиологической промышленности.

Получающуюся при промывке кристаллов глюкозы водой белую патоку также возвращают в сиропы. Расход промывной воды — до 25 % к массе кристаллов с влажностью 13—15 %.

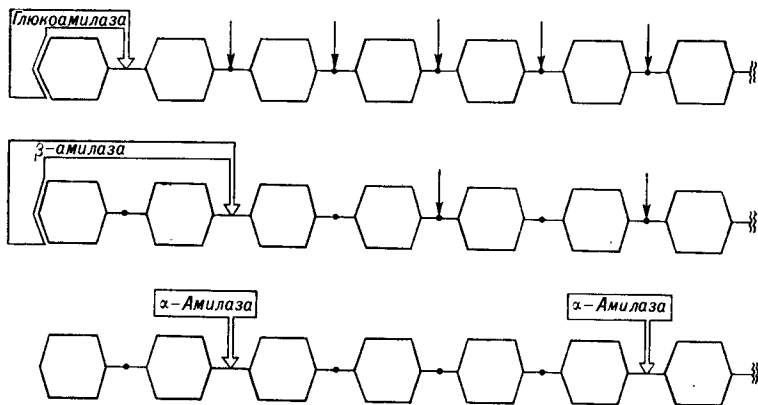
Кристаллы высушивают нагретым в паровом калорифере очищенным воздухом с температурой 105 °С. Кристаллы не должны нагреваться выше 50 °С. В сушильном барабане скорость движения воздуха составляет 1,5, а в пневматической сушилке — до 14 м/с.

Влажность готовой глюкозы 8—9 % поддерживается количеством загружаемой в сушилку глюкозы. Воздух после сушилки с температурой около 60 °С уносит мелкие кристаллы глюкозы, поэтому он очищается в сухом циклоне и мокром скруббере.

Кристаллы просеивают через сито с отверстиями размером 1,2—1,5 мм, очищают от ферропримесей электромагнитом, взвешивают, упаковывают в тканевые наружные и бумажные или полиэтиленовые внутренние мешки массой до 50 кг. Мешки хранят на деревянных стеллажах в сухих складах с относительной влажностью воздуха не более 75 %.

Получают до 88 % кристаллической глюкозы к массе переработанного безводного крахмала (расход крахмала на 1 т глюкозы до 1128 кг). Безвозвратные потери глюкозы в производстве допускаются до 3,75 %.

При ферментативном расщеплении крахмала используют ферменты амилосубтилины Г10 х с амилолитической активностью (АС) 3000 ед. в 1 г препарата. Его разбавляют



21. Действие амилаз на линейные участки крахмала

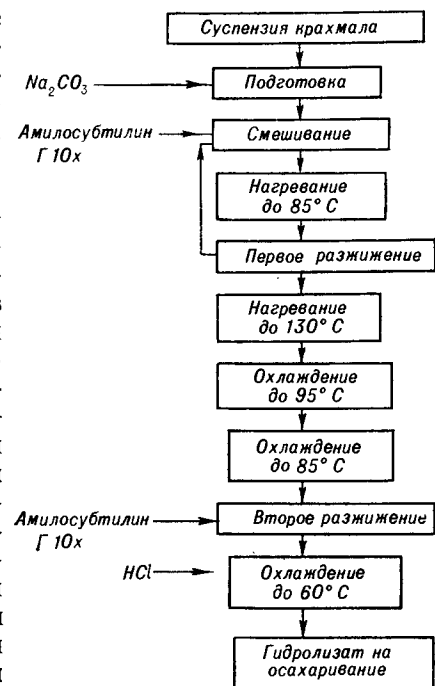
в холодной питьевой воде концентрацией 5 %. Фермент дозируют из расчета 2,15 ед. АС на 1 г безводного крахмала (рис. 21, 22). Раствор фермента хранят не более 8 ч.

Крахмальная суспензия смешивается с раствором фермента, нагревается до 85—88 °С паром в реакторе первой стадии разжижения. Затем суспензия нагревается в пароинжекторном подогревателе и выдерживается при 130 °С 10 мин и при 140 °С 5 мин (при давлении 0,30—0,35 МПа). Продукт поступает в вакуум-испаритель, охлаждается до 95 °С и направляется в реактор второй стадии разжижения. Здесь он должен иметь температуру 85—87 °С, pH не менее 6,2 и пребывать 75 мин. Содержание РВ в сиропе 18—22 %. В раствор добавляют HCl и доводят pH до 4,5—4,9, охлаждают его до 60 °С и вводят глюкоамилазу при перемешивании 10 мин.

Ферменты глюконигрин или глюкоавоморин Г20х обеспечивают максимальное накопление глюкозы в растворе при pH 4—5, 58 °С, 30—35 % СВ в растворе. Количество вводимой глюкоамилазы дают из расчета 2,50—2,75 ед. глюкоамилазной активности (ГА) на 1 г сухого крахмала.

Глюкоамилазу разводят питьевой водой при 25 °С в соотношении фермент — вода равном 1 : 10 при активности 1,0 ГА/г и 1 : 20 при активности 2 ГА/г. Фермент растворяется в течение 1 ч.

Накопление глюкозы в растворе (ГЭ) увеличивается от длительности осахаривания: 24 ч — 80—92 %; 48 ч — 93—95 %; 72 ч — 95—96 %; 96 ч — 96—97 % (при активности глюкоамилазы 2,5 ед. ГА/г). Рекомендуют дозировку фермента увеличивать при сокращении длительности осаха-



22. Технологическая схема двухстап-пенчатого ферментативного разжи-жения крахмала

#### 24. Качество гидролизатов крахмала

Показатели	Кислотный гидролиз	Кислотно-ферментативный гидролиз	Ферментативно-ферментативный гидролиз
Редуцирующих веществ, %	91	95	98
Глюкозы, %	86	93	97
Золы, %	1,60	0,40	0,25
Протеинов, %	0,25	0,40	0,35
5-оксиметилфурфурола, %	0,300	0,008	0,003
Цветность, ед. опт. плотности на 100 г СВ	2,2	0,25	0,15

ривания (в ед. ГА): 60 ч — 2,75; 72 ч — 2,50; 96 ч — 2,25; 120 ч — 2,00.

Повышение количества вводимого фермента нецелесообразно, так как после достижения максимального ГЭ в растворе более быстро уменьшается содержание глюкозы.

Процесс осахаривания определяют по иодной и спиртовой пробам. Капля этилового спирта, добавленная в раствор, не должна давать осадка декстринов.

При ферментативном расщеплении крахмала в растворе образуется меньше красящих веществ, оксиметилфурфурола, золы, а содержание глюкозы значительно возрастает по сравнению с кислотным гидролизом сырья (табл. 24).

В соответствии с требованиями ГОСТ 975—75 «Глюкоза кристаллическая гидратная» она должна по внешнему виду представлять собой белый кристаллический порошок, сладкого вкуса и свойственного глюкозе запаха, без посто-

#### 25. Физико-химическая характеристика глюкозы

Показатели	Норма
Цветность раствора, ед. опт. плотности, не более, для:	
ФЭК-М	0,09
ФЭК-56	0,16
ФЭК-56 М	0,18
Прозрачность раствора, светопропускание, %, не менее, для:	
ФЭК-М	69
ФЭК-56	65
ФЭК-56 М	65
Содержание влаги, %, не более	9
Удельное вращение $[\alpha]^{20}_D$ , град.	$\pm 52,3 \pm 53,0$
Содержание золы, % к СВ, не более	0,07
Содержание железа, % к СВ, не более	0,003

ронных привкусов и запахов. Физико-химические показатели соответствуют нормам, указанным в табл. 25.

При просеивании 100 г глюкозы через металлическое сито с отверстиями размером 1,5 мм остаток на сите не допускается. Содержание свободных минеральных кислот в глюкозе не допускается.

Для химико-фармацевтической и витаминной промышленности должна применяться глюкоза с содержанием железа не более 0,002 % к сухим веществам. Вопросам совершенствования технологии производства глюкозы в СССР посвящены работы, выполненные в НПО по крахмалопродуктам, на Верхнеднепровском и Бесланском кукурузоперерабатывающих предприятиях [50—58].

#### Глюкоза кристаллическая гидратная медицинская

Медицинской глюкозой называют рафинированную (дважды перекристаллизованную) кристаллическую глюкозу доброкачественностью не ниже 99,9 %, отвечающую требованиям Государственной фармакопеи СССР, ФС 42-2419-86. В зависимости от условий перекристаллизации медицинскую глюкозу вырабатывают в гидратной и ангидридной формах. Сырьем для производства медицинской глюкозы является гидратная кристаллическая глюкоза, соответствующая требованиям ГОСТа 975—75. Если медицинская глюкоза получается в едином производстве с гидратной кристаллической глюкозой, то разрешается использование кристаллов гидратной глюкозы влажностью 14—16 %.

Глюкоза кристаллическая медицинская по внешнему виду представляет собой белый мелкокристаллический порошок сладкого вкуса, без запаха, свободно проходящий через металлическое сито с отверстиями размером 1,5 мм. Глюкоза легко растворяется в воде, трудно — в спиртах, нерастворима в петролейном (серном) эфире. При растворении 5 г глюкозы в 25 мл воды раствор должен быть прозрачным и бесцветным; 10 %-ный водный раствор глюкозы имеет удельное вращение  $+51,5—+53^\circ$ .

При температуре выше 60 °С глюкоза начинает плавиться в собственной кристаллизационной воде, поэтому рекомендуют высушивать кристаллы при такой температуре теплоагента, чтобы кристаллы не нагревались более 55—58 °С.

Глюкоза медицинская гидратная должна иметь влажность не более 9 %, содержание сульфатной золы — не более 0,1 %, хлоридов и сульфатов — не больше, чем в эта-

лоне, наличие кальция, бария, мышьяка, солей тяжелых металлов исключается.

Для испытания на подлинность к глюкозному раствору (0,2 г глюкозы в 5 мл дистиллированной воды) добавляют 10 мл раствора Фелинга и нагревают до кипения. При этом выпадает кирпично-красный осадок.

Кристаллы глюкозы гидратной кристаллической после центрифуг с влажностью 14—16 % шнеком подают в клеровочные реакторы, куда поступают также уваренные зеленая и белая патоки, полученные при промывке глюкозы медицинской на центрифугах. При недостатке паток растворение кристаллов производят дистиллированной водой, полученной в промышленном дистилляторе. Глюкозу растворяют до 74 % СВ и раствор нагревают в трубчатом теплообменнике до 75—80 °С. В клеровочные реакторы подают суспензию осветляющего древесного угля марки ОУБ из расчета 1,3 % к массе сухих веществ раствора.

Контактирование сиропа с активным углем проводят при перемешивании в течение 30—35 мин, после чего его фильтруют на рамном фильтр-прессе. Первые порции фильтрованного сиропа возвращают в исходную емкость, а прозрачный бесцветный сироп поступает в сборник перед контрольным фильтрованием. Прозрачный, без посторонних примесей сироп поступает в сборник перед холодильником, затем в холодильник, где он охлаждается проточной водой до 48—53 °С и через фильтр с капроновым ситом № 73 поступает в кристаллизаторы, где в качестве затравочных кристаллов оставляют не менее 10 % утфеля от предыдущего цикла кристаллизации.

При пуске Верхнеднепровского крахмалопаточного комбината после ремонтного периода затравку кристаллов в кристаллизаторах медицинской глюкозы готовят так: 6 м<sup>3</sup> сиропа с 66 % СВ при температуре 52—55 °С заливают в предварительно нагретый кристаллизатор и в него вводят 20 кг сухих кристаллов медицинской глюкозы. Кристаллы наращивают при 43—44 °С. Через некоторое время, когда в сиропе появляются обильные мелкие кристаллы, в кристаллизатор заливают еще 6 м<sup>3</sup> сиропа с 68 % СВ.

Примерно через 32—40 ч, когда образуется утфель с содержанием 25—35 % кристаллов, кристаллизатор доливают до полного объема сиропом с 70 % СВ и температурой 52—55 °С и охлаждают в соответствии с принятым графиком охлаждения.

Заливка кристаллизатора обычно длится 16—20 ч. После перемешивания сиропа с затравочным утфелем температура смеси должна быть около 48—49 °С. Кристаллиза-

ция утфеля длится 48 ч с момента окончания заливки сиропом при охлаждении утфеля до температуры 42—43 °С.

Утфель считается готовым к центрифугированию, когда концентрация межкристального оттека снизится на 10 % СВ. Готовый утфель выпускают из кристаллизатора в утфелераспределитель, а из него — в центрифуги.

Для центрифугирования утфелей применяют автоматические центрифуги ФПН-1251Л. Кристаллы промывают дистиллированной водой с температурой 25—35 °С. Белую патоку с 40—45 % СВ и часть зеленой патоки направляют на сгущение в вакуум-аппарат до 59—60 % СВ, а затем возвращают в клеровочный сборник. Около 25 % от общей массы зеленой патоки с 55—60 % СВ выводится с линии медицинской глюкозы в линию первого продукта глюкозы гидратной кристаллической.

Пробеленные кристаллы медицинской глюкозы влажностью 13—15 % шнеком подают на норию, а затем через питатель — в сушильный барабан, где они высушиваются очищенным горячим воздухом с температурой 85 °С. Глюкозная пыль из сушильного барабана отсасывается вентилятором через циклон в мокрый скруббер и из него возвращается в клеровочный сборник. На выходе из сушильного барабана глюкоза просеивается на цилиндрическом сите с отверстиями диаметром 1,5 мм, которое встроено в сушильный барабан. Кристаллы на сите отделяются от крупки и посторонних включений. Крупка поступает в сборник, растворяется и направляется в реактор.

Кристаллы очищаются от примесей железа на магнитном сепараторе, питателем подаются в пневмотранспортные коммуникации и в бункер для упаковки. Из бункера сухие кристаллы медицинской глюкозы поступают на автоматические весы. Глюкозу упаковывают в бумажные и джутовые мешки массой нетто по 35—40 кг, которые зашивают на зашивочной машине. Упакованную гидратную медицинскую глюкозу ленточным транспортером направляют в склад, где мешки укладывают в штабели, расположенные на деревянных стеллажах.

Медицинская глюкоза должна храниться в упакованном виде, в сухом, чистом и проветриваемом складе с относительной влажностью воздуха не более 75 %.

Для поддержания надлежащего санитарно-гигиенического состояния и предотвращения нарастания микрофлоры все оборудование ежемесячно пропаривается и промывается горячей водой около 1—2 ч. Ежеженедельно помещения и оборудование должны обрабатываться 3 %-ным раствором хлорной извести (оборудование снаружи) и 2 %-ным рас-



твором формалина внутри емкостей, после чего все тщательно промывается горячей водой. Для санитарно-гигиенической обработки цеха производство раз в неделю останавливается на 8 ч для осуществления санитарных мероприятий. Все промывные воды и пропарки откачиваются в канализацию.

Во избежание микрообсеменности сиропов, утфелей и кристаллов в цехе медицинской глюкозы не должны размещаться какие-либо хозяйственно-бытовые помещения, доступ посторонних лиц ограничен, обслуживающий и ремонтный персонал должен иметь совершенно чистую спецодежду и халаты, а воздух очищаться в специальных фильтрах.

### Глюкоза кристаллическая ангидридная

Глюкоза из сиропов высокой доброкачественности (97—100 %) легко кристаллизуется в безводной, ангидридной форме. При этом скорость кристаллизации повышается в 5 раз по сравнению с гидратной глюкозой, а получаемые кристаллы отличаются высокой степенью однородности, изометричностью и незначительной влажностью (менее 1 %). Технологический режим получения (высокая температура, концентрация сиропа и скорость кристаллизации), а также низкая влажность продукта способствуют получению ангидридной глюкозы с высокой микробиологической чистотой и более длительными сроками хранения.

При смешивании ангидридной глюкозы с влажными сыпучими продуктами и перемешивании происходит ее гидратация, глюкоза поглощает влагу сыпучего влажного продукта. Гидратация ангидридной глюкозы происходит лучше при температуре 50 °С и выше. Для получения негигроскопичного порошка смесь, содержащую влажный продукт и безводную глюкозу, энергично перемешивают, а затем выдерживают без перемешивания.

Периодические энергичные перемешивания способствуют рассеянию тепла и поддержанию температуры смеси ниже 50 °С. Массу ангидридной глюкозы берут в 8—10 раз больше массы свободной влаги обезвоживаемого продукта. Получение ангидридной глюкозы отличается от получения гидратной глюкозы процессом кристаллизации, который наиболее эффективно протекает в вакуум-аппарате при интенсивном кипении и циркуляции продукта под вакуумом. Все остальные стадии аналогичны стадиям производства медицинской гидратной глюкозы.

Кристаллизация глюкозы в ангидридной форме на Верх-

неднепровском крахмалопаточном комбинате проводится в вакуум-аппарате, который представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд диаметром 2 м и высотой 5 м с внутренним объемом 128,5 м<sup>3</sup>. Вакуум-аппарат имеет поверхность нагрева 40 м<sup>2</sup>, которая состоит из 97 труб диаметром 102 мм и одной циркуляционной трубы диаметром 400 мм. Он вмещает 7,5 т утфеля. Утфель уваривают при давлении пара около 0,2 МПа. Процессы кристаллизации ангидридной глюкозы проводятся следующим образом. В аппарат с помощью разрежения набирают первую порцию сиропа гидратной глюкозы (около 30 % емкости) 72 % СВ и сгущают ее до 84 % СВ. Затем в вакуум-аппарат вносят заправку кристаллов (около 30 г ангидридной глюкозы). Через 5—7 мин контролируют в капле сиропа на стекле количество образовавшихся кристаллов и производят подкачки сиропа для снижения пересыщения и наращивания кристаллов и тем самым прекращения дальнейшего образования новых кристаллов.

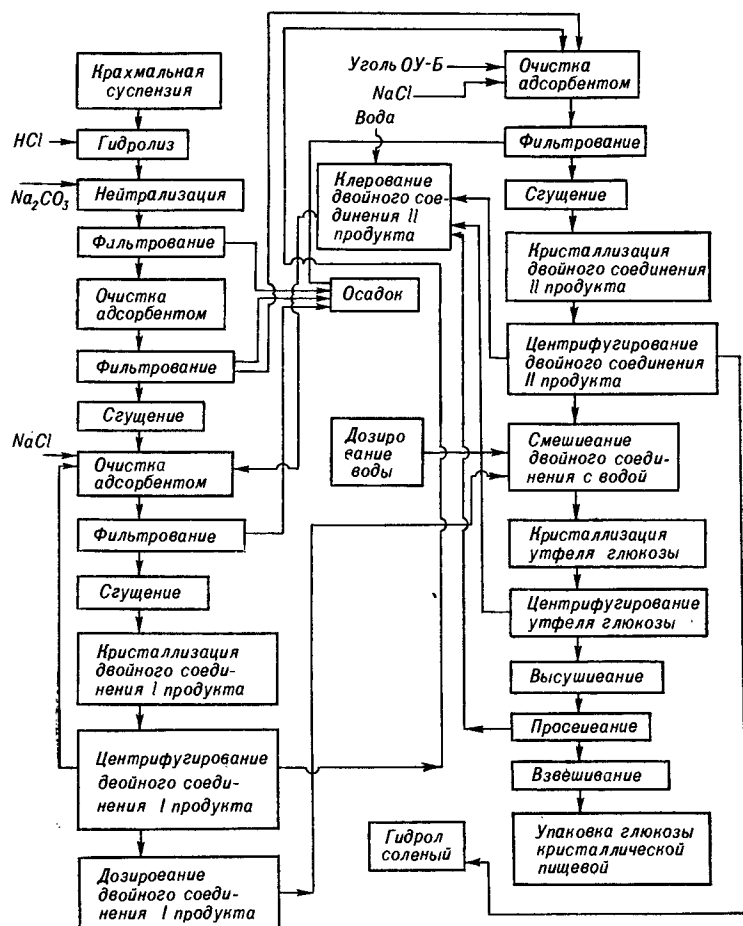
Наращивание кристаллов производят в течение 4—5 ч при периодических подкачках сиропа с 45—50 % СВ для поддержания концентрации межкристалльной жидкости в пределах 81—84 %.

Утфель в конце сгущения при концентрации сухих веществ 90—91 % содержит около 50—55 % кристаллов. Его центрифугируют «нагорячо» с целью хорошего разделения кристаллов и межкристалльного оттека. Кристаллы направляют на сушку, рассев и упаковку по общепринятой технологии. Однако температура их сушки по сравнению с таковой гидратной глюкозы может быть повышена до 90—110 °С.

### Глюкоза кристаллическая пищевая

Глюкозу кристаллическую пищевую получают путем кислотного гидролиза крахмала с HCl или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, нейтрализации кислоты раствором кальцинированной соды, очистки гидролизатов и сиропов активным углем ОУ-Б, сгущения сиропов на выпарной станции и вакуум-аппаратах, охлаждения и кристаллизации по способу образования двойного соединения с хлористым натрием, выделения на центрифугах и разложения двойного соединения, центрифугирования, промывки кристаллов, сушки, просеивания, взвешивания и упаковки (рис. 23).

Большинство процессов технологии аналогичны производству глюкозы кристаллической гидратной. Отличия в регламентах начинаются после выпарной станции.



23. Технологическая схема производства глюкозы кристаллической пищевой по способу образования двойного соединения глюкозы с натрием хлористым

В сироп с клеровкой (СВ 50—55 %) вводят 16,5—17 % натрия хлористого и 0,6 % активного угля по массе сухих веществ сиропа, перемешивают 30 мин при 75—80 °С, фильтруют. Сироп уваривают в вакуум-аппарате при 60—75 °С до плотности 1445—1450 кг/м³. Сироп охлаждают водой в кристаллизаторах до 26—28 °С за 8—12 ч до достижения содержания сухих веществ в межкристалльном растворе 62—63 %.

Двойное соединение глюкозы с натрием хлористым

I продукта ( $C_6H_{12}O_6$ )<sub>2</sub>·NaCl·H<sub>2</sub>O выделяют и промывают на центрифугах и направляют на станцию разложения, включающую смеситель и кристаллизатор (дозреватель). В смеситель с мешалкой (40 об./мин) вводится 75—80 % по массе кристаллов двойного соединения воды (лучше конденсат, дистиллят) с температурой 5—15 °С или жидких охлажденных гидролизатов крахмала, очищенных промывом.

Через 45—50 сек перемешивания смесь направляют в дозреватель (кристаллизатор), в котором масса выдерживается 25—30 мин при перемешивании (0,5—1 об./мин), загустевает. При этом двойное соединение разрушается и NaCl переходит в раствор.

Глюкозный утфель центрифугируют, глюкозу промывают водой и с влажностью 13—14 % направляют на сушку. Высушенную глюкозу с влажностью 8,5—9 % просеивают, взвешивают, упаковывают.

Соленый межкристалльный раствор после центрифугирования двойного соединения I продукта очищают активным углем, фильтруют или без очистки сгущают до плотности 1465—1470 кг/м³. Двойное соединение глюкозы с NaCl кристаллизуют при охлаждении до 20—25 °С, когда в межкристалльном растворе содержание сухих веществ достигнет 70—71 %. Полученное от центрифугирования двойное соединение глюкозы с NaCl клеруют межкристалльным оттеком от разложения двойного соединения I продукта, белой патокой от центрифугирования утфеля глюкозы, раствором из скруббера и раствором комков глюкозы после просеивания. При необходимости добавляют воду. Концентрация клеровки 50—56 % СВ. Клеровку направляют в сборник после выпарной станции сиропа I продукта. При центрифугировании двойного соединения II продукта получают соленый гидрол.

В соответствии с МРТУ 18/264—68 глюкоза кристаллическая пищевая соответствует показателям: органолептическим — белый кристаллический порошок, проходящий без остатка через металлическое сито с отверстиями размером 1,5 мм, сладкого вкуса, с допустимым солоноватым привкусом, раствор 20 г глюкозы в 100 мл воды может слегка опалесцировать; физико-химическим — массовая доля влаги — не более 9 %, редуцирующих веществ в пересчете на сухое вещество 99,5 %, натрия хлористого 0,4, железа 0,004 %; наличие мышьяка, меди, олова, свинца не допускается.

Глюкозу кристаллическую пищевую упаковывают в двойные сухие и чистые мешки из неворсистой ткани или многослойные бумажные массой нетто не более 50 кг. Глюкозу

используют для пищевых целей, выработки диетических кондитерских, хлебопекарных изделий и безалкогольных напитков.

Соленый гидрол плотностью 1,338—1,341 (при 20 °С) содержит до 4,9 % натрия, хлористого, 0,16 кальция, 0,075 фосфора, 0,05 калия, 43,8 безазотистых экстрактивных веществ, 50—55 глюкозы, 20 % других редуцирующих сахаров.

Его рекомендуют применять в качестве связующей, вкусовой, обогащающей добавки в гранулированные корма для животных. Питательная ценность 1 кг соленого гидрола составляет 0,67 кормовых единиц.

### **Глюкоза пищевая гранулированная**

Глюкоза пищевая гранулированная вырабатывается для производств, не нуждающихся в ее высоком качестве или использующих ее в качестве добавок в небольшом количестве (получение сорбита, витаминов, гранулированных пищевых продуктов).

Ее получают путем осахаривания крахмала, фильтрации и сгущения жидких гидролизатов, сиропов, гранулирования, просеивания и упаковки гранул. Большинство процессов аналогичны процессам получения гидратной кристаллической глюкозы. Но сиропы сгущают на выпарных аппаратах ВВ-25 до 80—92 % СВ и насосом перекачивают в установку СНЕГ-15 для гранулирования.

Установка СНЕГ-15 включает в себя линию сгущения сиропа (вакуум-испаритель, подогреватель, насос) и линию сушки (сушилка-кристаллизатор, вентилятор, скруббер, насос, виброохладитель, компрессор, калорифер).

Вакуум-испаритель представляет собой цилиндрикоконический сосуд, внутри которого в верхней части установлена отражательная тарелка. В цилиндрической части сосуда имеется входной патрубок, в нижней расположен патрубок для выхода продукта. Сироп насосом подается в вакуум-испаритель. За счет разрежения в сосуде происходит сгущение сиропа путем самоиспарения.

Сушилка-кристаллизатор состоит из цилиндрического корпуса, установленного в нем цилиндра, крышки, форсунок, мешалки, измельчителя, радиальной перегородки, выгрузочного устройства. Днище камеры снабжено распределительным коллектором. Виброохладитель — вибросито со сплошным дном. Сверху оно закрыто кожухом, под который подается воздух.

Густой глюкозный сироп с концентрацией 74—76 % СВ

вихревым насосом подается в паровой теплообменник и нагревается до 106—108 °С, затем — в вакуум-испаритель. Из испарителя сироп 86—88 % СВ и температурой 102—104 °С вихревым насосом подается на форсунки и распыляется на слой порошкообразной глюкозы. Для распыления используется воздух давлением 0,3—0,5 МПа.

В два сетчатых сектора нижней части сушилки подается воздух с температурой 104—106 °С, нагнетаемый в сушилку вентилятором через калорифер с диаметром отверстий 5 мм. Готовый продукт в процессе рассева охлаждается до 30 °С и направляется на упаковку.

Процесс гранулирования глюкозы происходит следующим образом. В сушилку засыпают 700 кг порошкообразной глюкозы. На кристаллы при перемешивании непрерывно напыляют глюкозный сироп. Гранулы глюкозы увеличиваются в размере за счет кристаллизации, агломерации и сушки.

Наращивание гранул происходит до определенного размера, после чего наступает их разрушение. При этом образовавшиеся частицы служат центром образовавшихся новых гранул. При достижении определенной высоты слоя продукта гранулированная глюкоза высыпается из выгрузного отверстия. Для предотвращения комкования используется мешалка-измельчитель.

Глюкозная пыль улавливается скруббером, растворяется в воде и многократно рециркулирует через скруббер для повышения концентрации раствора до 15 %, а затем возвращается на стадию фильтрации жидкого раствора.

Готовая гранулированная глюкоза из сушилки поступает на рассев для удаления комков на вращающихся барабанных ситах. Отработанный воздух через скруббер отсасывается вентилятором. Готовый продукт подается на виброохладитель, затем — на упаковку.

Гранулированная пищевая глюкоза — сахаристый продукт в гранулах размером 2—3 мм, в основном состоящий из глюкозы. Массовая доля редуцирующих веществ в пересчете на глюкозу (по сухому веществу) составляет при кислотно-ферментативном гидролизе 94 % и ферментативном — 97 %. По внешнему виду гранулированная глюкоза представляет собой гранулы белого или кремового цвета.

Глюкоза гранулированная выпускается в соответствии с техническими условиями ТУ 18-РСФСР-18-8-26-80. Она содержит 2,5 % воды, 0,35 — золы, 0,15 — белковых веществ, 91,1 % глюкозы. Кислотность ее — 21 мл 0,1 н раствора NaOH к массе сухих веществ.

## Патока крахмальная

Патока крахмальная является продуктом неполного гидролиза крахмала разбавленными кислотами или амилолитическими ферментами и представляет собой бесцветную или слегка желтоватую, вязкую, прозрачную жидкость со слабым вкусом. Она содержит до 80 % углеводов: декстрины, глюкозу, мальтозу, три- и тетрасахариды. В зависимости от назначения может быть выработана патока различной степени осахаривания и состава углеводов.

В СССР патоку крахмальную вырабатывают с содержанием редуцирующих веществ (РВ) от 30 до 60 %. Сладость патоки в 3—4 раза меньше, чем у сахарозы. Патоку вырабатывают трех видов: карамельную, низкоосахаренную и высокоосахаренную и двух сортов — высшего и первого. По органолептическим и физико-химическим показателям крахмальная патока должна соответствовать требованиям ГОСТа 5194—68 (табл. 26). Содержание свободных минеральных кислот и механических примесей не допуска-

26. Характеристика и нормы для патоки

Показатели	Карамельной, низкоосахаренной (КН)	Карамельной		Глюкозной, высокоосахаренной (ГВ)
		высшего сорта (КВ)	первого сорта (КП)	
Прозрачность	Прозрачная Допускается небольшая опалесценция. Леденцы, получаемые при варке карамельной пробы, должны быть прозрачными			
Вкус и запах	Свойственные патоке, без посторонних привкусов и запаха			
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	78	78	78	78
Массовая доля редуцирующих веществ в пересчете на сухое вещество, %	30—34	38—42	34—44	44—60
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,40	0,40	0,45	0,55
Кислотность, мл, 0,1 н раствора NaOH, в пересчете на сухое вещество, не более:				
картофельной патоки	25	25	27	—
кукурузной патоки	12	12	15	—
pH	4,6	4,6	4,6	—
Температура карамельной пробы, °C	155	145	140	—
Цветность по эталону, мл	—	3	6	—

ется. В нормально осахаренной патоке содержится: глюкозы 19—21 %, мальтозы — 18—20 и декстринов — 55—60 %.

Патока низкоосахаренная (при общем содержании РВ 30—34 %) содержит: глюкозы 11—12,5 %, мальтозы — 19,5—21,5 и декстринов 60—69,5 %. Карамель, приготовленная из низкоосахаренной патоки, обладает меньшей гигроскопичностью и большей стойкостью при хранении. Декстрины низкоосахаренной патоки имеют более сложное строение и большую молекулярную массу. В результате этого низкоосахаренная патока при содержании редуцирующих веществ меньше 36—38 % получается светлой и прозрачной, но при хранении через несколько часов мутнеет, а иногда становится молочно-белой от выпавших в осадок декстринов. Для приготовления карамели это не имеет значения, так как при варке карамельной массы патока снова становится прозрачной.

При выработке низкоосахаренной патоки производительность завода снижается на 30—35 % за счет того, что сиропы с пониженным содержанием редуцирующих веществ отличаются повышенной вязкостью. Поэтому скорость фильтрации низкоосахаренных сиропов на очистке их от механических примесей резко снижается по сравнению с нормально осахаренными сиропами.

Патока глюкозная высокоосахаренная, содержащая 60—70 % РВ, по сравнению с карамельной патокой, является более сладкой, менее вязкой, более гигроскопичной. Благодаря этим качествам патока глюкозная высокоосахаренная находит широкое применение как заменитель сахара в производстве варенья, джемов, повидла, при консервировании ягод и плодов. Использование ее в хлебопечении улучшает качество различных хлебобулочных изделий, замедляет черствение хлеба.

Она применяется в качестве влагоудерживающего вещества, как стабилизатор влажности, например, в желе, джемах, пирожных, удлиняя сроки хранения этих продуктов, а также для изготовления столовых сиропов.

Особое свойство патоки высокоосахаренной глюкозной обуславливается соотношением углеводов в ней: количество декстринов уменьшается до 5—8 %, а глюкозы увеличивается до 40—50 %. Вязкость ее снижается втрое по сравнению с вязкостью карамельной патоки. Патока с высоким содержанием РВ, полученная в обычных условиях кислотного гидролиза, при увеличении длительности процесса осахаривания будет иметь привкус горечи, который обуславливается наличием в патоке продуктов реверсии глюкозы. Наиболее рациональный способ производства патоки — кис-

## 27. Состав сахаров патоки крахмальной

Сахара	Содержание восстанавливающих веществ, % к массе сухих веществ			
	30	40	50	60
Глюкоза	8	21	30	38
Мальтоза	7	22	25	26
Три-, тетрасахариды и другие высшие олигосахариды	85	57	45	36

Состав сахаров, определяющий в основном направление использования патоки, представлен в табл. 27.

Патоку производят из картофельного и кукурузного крахмалов, соответствующих по качеству требованиям стандартов: крахмал картофельный сырой — ОСТ 18-158-74, крахмал картофельный сухой — ГОСТ 7699—78, крахмал кукурузный сухой — ГОСТ 7697—82.

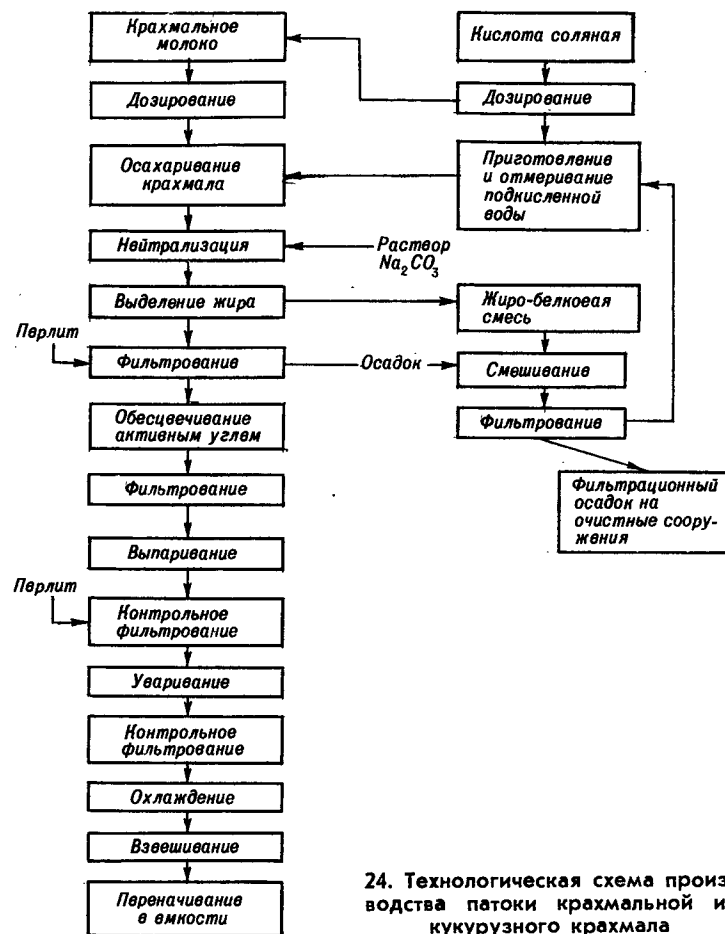
Крахмал кукурузный сырой должен иметь доброкачественность не менее 98,15 %. В нем должно содержаться примесей (% к массе сухих веществ, не более): белковых веществ — 0,80, гидролизуемого жира — 0,55, водорастворимых веществ — 0,10, золы — 0,15, мезги (остаток на сите № 64) — 0,10. Кислотность суспензии крахмала не должна превышать 30 мл 0,1 н раствора NaOH на 100 г сухих веществ.

Примеси крахмала ухудшают фильтрование гидролизатов, повышают потери сухих веществ с осадком, вызывают пенение и ухудшение качества продукции. Поэтому крахмал хорошо промывают на вакуум-фильтрах горячей, смягченной водой или охлажденным конденсатом.

Патоку крахмальную в СССР получают в основном способом кислотного гидролиза крахмала кукурузного кислотой соляной технической синтетической. Основные технологические процессы паточного производства включают: подготовку крахмала к производству; кислотный, кислотнoferментативный или ферментативный гидролиз крахмала; нейтрализацию при кислотном и кислотнoferментативном гидролизе крахмала или инактивацию ферментов при ферментативном гидролизе; фильтрование раствора от нерастворимых примесей; обесцвечивание раствора активным углем или ионообменными смолами; сгущение очищенных сиропов до необходимой плотности; фильтрование, охлаждение и взвешивание патоки (рис. 24).

лотно - ферментативный (мальтозная патока) или ферментативный (глюкозная патока).

Высокоосахаренная патока и, в первую очередь, глюкозный сорт особенно пригодны для приготовления столовых паточных сиропов. Их готовят из патоки с небольшим количеством сахара и некоторыми другими добавками.



24. Технологическая схема производства патоки крахмальной из кукурузного крахмала

Сухой или сырой кукурузный крахмал разбавляют водой в суспензию. Крахмальная суспензия, полученная при переработке кукурузы, перед поступлением в паточный цех обрабатывается для удаления растворимых веществ и протеина на барабанных вакуум-фильтрах. Затем крахмал разводится водой или соковым конденсатом с температурой 60—70 °С до концентрации 43—44 % при непрерывном перемешивании. Из сборника крахмальная суспензия подается в мерник, снабженный мешальным механизмом.

Процесс гидролиза осуществляют при температуре 140—143 °С в присутствии соляной кислоты в аппаратах под давлением (конверторах), создаваемым водяным паром при

«заварке» крахмального клейстера. Температура процесса контролируется по величине давления в аппаратах. Степень осахаривания крахмала определяется по содержанию редуцирующих веществ (РВ) в сиропе. Содержание РВ в сиропе, приготовленном для получения карамельной патоки, должно находиться для нормально осахаренной патоки в пределах 38—42 %. Процесс гидролиза проводится в конверторах или осахаривателях непрерывного действия.

Цикл работы конвертора и процесса осахаривания крахмала начинается с приготовления подкисленной воды и подкисленного крахмального молока в мерниках, предназначенных для этой цели. Расход соляной кислоты на гидролиз составляет 0,19—0,25 % (в пересчете на 100 %-ную кислоту) по массе гидролизуемого безводного крахмала.

Соляную кислоту на гидролиз заливают в два приема. Третью часть ее дают в мерник крахмальной суспензии, а оставшиеся  $\frac{2}{3}$  порции — в мерник подкисленной воды.

В первую очередь в пустой конвертор забирают подкисленную воду и нагревают ее паром до бурного кипения, что соответствует избыточному давлению 0,03 МПа, затем туда добавляют крахмальную суспензию, которая одновременно «разваривается» за счет подачи пара через нижний паровой штуцер и кольцевой барботер внутри конвертора. После окончания слива крахмального молока в аппарат в нем поднимают рабочее давление до 0,28—0,32 МПа, после чего подачу пара в конвертор через барботер прекращают и процесс осахаривания крахмала продолжают еще 5 мин.

Степень осахаривания проверяют по иодной пробе. Длительность осахаривания наименьшая при получении низкоосахаренной патоки и наибольшая при производстве высокоосахаренной патоки. Обычно длительность цикла работы конвертора составляет 24—26 мин.

Для нейтрализации соляной кислоты в гидролизатах крахмала применяют раствор кальцинированной соды. Нейтрализацию гидролизата, полученного в периодически действующем аппарате, ведут в периодически действующих нейтрализаторах, объемом превышающих не менее чем в 5 раз рабочий объем конвертора.

Содовый раствор в нейтрализатор подается через мерник, объем которого рассчитан на одну порцию гидролизата, поступающего из конвертора. Процесс нейтрализации контролируется рН-метром, раствором индикаторов бромфенолблау или метилового красного до рН 4,7—4,9. Нейтрализацию проводят, орошая сироп 14—18 %-ным раствором кальцинированной соды при барботировании сиропа воздухом.

При ведении процесса гидролиза крахмала в непрерывных осахаривателях крахмальную суспензию с содержанием 40—43 % сухих веществ подкисляют соляной кислотой и направляют в буферную емкость. Подкисленное крахмальное молоко насосом перекачивают в последовательно соединенные два или три трубчатых теплообменника. Нагретая насыщенным паром в теплообменниках до температуры 145—150 °С и подкисленная крахмальная суспензия поступает в зону осахаривания и окончательно осахаривается до содержания РВ 38—42 %.

Гидролизат нейтрализуют раствором кальцинированной соды концентрацией 16—18 % в непрерывном потоке гидролизата. Процесс нейтрализации ведут в две стадии, предварительно отнейтрализуют сироп, рН которого не выше 3,3, после чего сироп направляют в вакуум-испаритель, а затем — на окончательную нейтрализацию до рН 4,7—4,9.

Выделение жирно-белковой взвеси из нейтрализованного сиропа, полученного из кукурузного крахмала, проводят на непрерывно действующих аппаратах-жироотделителях флотационного принципа действия (скиммер, электрофлотатор) или на центробежных сепараторах.

Скиммер работает по принципу разности плотностей раствора сиропа и находящейся в нем жирно-белковой взвеси. При протекании нейтрализованного сиропа в спокойном движении жирно-белковая взвесь всплывает по длине аппарата на поверхность раствора. Слой жирно-белковой взвеси по мере достижения толщины 150 мм периодически удаляется. Выделение этой взвеси из нейтрализованного паточного сиропа на электрофлотаторе проводится при напряжении между электродами 3,5—4 В и силе тока 30—50 А при флотировании пузырьками газа жирно-белковых частиц. На флотаторах выделяют 30—40 жировых и 40—60 % белковых веществ.

В выделенной жирной грязи содержится: влаги — 45—50 %, углеводов — 41—43, протеина — до 14, жира — до 17 %. На специальном сепараторе из нейтрализованного сиропа можно выделить более 85 % жирно-белковых примесей и получить жирно-белковую фракцию с содержанием 70—75 % сухих веществ.

Очистку сиропа от взвешенных примесей сиропа проводят фильтрованием. Для этого применяют различное оборудование: барабанные вакуум-фильтры с намывным слоем и микросъемом осадка, фильтры дисковые, фильтр-прессы.

Для повышения эффективности процесса фильтрования используют наполнители. В качестве наполнителя исполь-

зуют диатомит или перлит. В зависимости от качества наполнителя и сиропа расход диатомита составляет 0,5, перлита — 0,4 % к массе сухих веществ фильтруемого сиропа.

Наиболее эффективно процесс фильтрации протекает на барабанных вакуум-фильтрах. В корыто фильтра, снабженное мешалкой, подают водную суспензию диатомита или перлита. На поверхность барабана, обтянутую фильтровальной тканью, наносят слой присадки толщиной 50—70 мм. Затем корыто освобождают от суспензии диатомита и подают паточный раствор. При каждом обороте барабана, вращающегося со скоростью 4 оборота за час, на поверхности намывного слоя присадки, образуется слой отфильтрованного осадка, который после просушки срезается ножом. Нож снабжен устройством для микроподачи его к барабану. При каждом обороте барабана он продвигается к барабану на 0,05—0,1 мм и непрерывно срезает образовавшийся осадок вместе с очень тонким слоем фильтрующего порошка. В результате фильтрующая поверхность регенерируется при каждом обороте барабана и скорость фильтрации уменьшается незначительно.

Процесс прекращается, когда толщина слоя фильтрующей присадки уменьшается до 5—6 мм. Затем намывается новый слой присадки. Длительность цикла работы фильтра составляет 20—22 ч. Скорость фильтрации на вакуум-фильтре при работе на нейтрализованном паточном растворе составляет 200—300 л/м<sup>2</sup>·ч. Намывание слоя фильтрующего порошка производят за 1,5—2 ч, а замену полотна — 1 раз в неделю с затратой времени около 3 ч.

Паточные сиропы после очистки от взвешенных примесей совершенно прозрачны, но окрашены в желтый цвет. Окончательная очистка паточных растворов адсорбентами предусматривает удаление красящих веществ, зольных элементов, белковых растворимых веществ, понижение кислотности и снятие запахов. В качестве адсорбента используют отечественные активные угли марок: ОУ-Б (кислый), КАД, УАФ.

При однократном обесцвечивании растворов весь адсорбент используют на очистку жидкого раствора (до выпарки). Расход активного угля составляет 0,8—1 % по массе сухих веществ сиропа. Для смешивания активного угля с сиропом используют контактные емкости, снабженные мешалками. Адсорбционную очистку растворов производят при 70—80 °С в течение 25—30 мин.

Фильтрация суспензии проводят на фильтр-прессах и дисковых фильтрах под давлением от 0,1 до 0,3 МПа. Сгущение отфильтрованного жидкого раствора от 35—37

до 55—57 % СВ производится на трехкорпусных выпарных станциях, работающих под разрежением.

Перед поступлением раствора в первый корпус выпарной станции он нагревается в решоферах до 90—95 °С. Давление вторичного пара в корпусах трехкорпусной выпарки должно быть (МПа, не более): первом — 0,2, втором — 0,08, третьем — 0,08 (вакуумметрическое); температура кипения сиропа по корпусам (°С): первом — 100—135, втором — 86—120, третьем — 68.

Сироп с выпарной станции поступает на контрольное фильтрование, далее — на сгущение в вакуум-аппараты до концентрации не менее 78 % сухих веществ.

Вакуумметрическое давление при уваривании в аппарате должно быть не менее 0,079 МПа, а температура кипения сиропа — не более 60—70 °С. В случае пенения сиропа в процессе сгущения допускается введение в вакуум-аппарат растительного масла в количестве 30 г на 1 т патоки. Для уменьшения цветности патоки в вакуум-аппарат добавляют гидросульфит натрия в количестве 150 г на 1 т патоки. Для повышения pH и снижения инверсионной способности патоки допускается добавление уксуснокислого натрия в количестве 800 г на 1 т патоки. Длительность цикла сгущения одной порции патоки не должна превышать 1 ч.

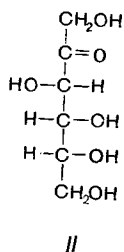
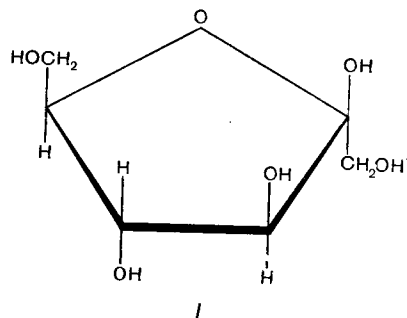
Готовую патоку сливают из вакуум-аппарата при температуре 60—70 °С. Чтобы сохранить цвет и не допустить потемнения, ее за 1—1,5 ч охлаждают до 40—45 °С, для чего обычно используют змеевиковые цилиндрические холодильники, которые монтируют на автомобильных весах.

Из холодильников взвешенную и охлажденную патоку сливают в специальные железнодорожные цистерны, оборудованные нагревающим устройством, бочки или емкости. Складские металлические емкости оборудуют нагревательным устройством для нагрева патоки до 45 °С, чтобы понизить вязкость патоки при откачивании ее потребителям. Для перекачивания патоки используют специальные ротационные или шестеренчатые насосы.

## ФРУКТОЗОСОДЕРЖАЩИЕ САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

### Фруктоза кристаллическая

Фруктоза (левулоза, фруктовый или плодовый сахар, α-, β-D-фруктофураноза, D-арабино-гексулоза) принадлежит к группе моносахаридов, называемых кетозами. Фруктоза (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) образует несколько таутомерных форм:



25. Структурные формулы фруктозы в циклической (I) и кетоновой (II) формах

открытую кетонную, циклические —  $\alpha$ - и  $\beta$ -D-фруктофуранозы и другие, которые в водных растворах взаимопревращаются. Известна только одна кристаллическая форма —  $\beta$ -D-фруктофураноза с температурой плавления  $102\text{--}104^\circ\text{C}$  и удельным вращением в воде  $[\alpha]_D = -133,5^\circ$  (рис. 25).

$\alpha$ -D-фруктофураноза имеет в воде удельное вращение  $[\alpha]_D = -63,6^\circ$ , а равновесная смесь таутомерных форм —  $[\alpha]_D = -92 \div -93^\circ$  [29].

В свободном виде встречается во многих фруктах и плодах (яблоки, груши, помидоры и др.), пчелином меде. Входит в состав ряда олигосахаридов растений: рафинозы, сахарозы, инулина, стахиозы, вербаскозы, а также в бактериальные полисахариды — леваны.

Фруктоза в свободном виде встречается редко. В живом организме она может быть в виде эфиров фосфорной кислоты, олиго- и полисахаридов, гликозидов, нуклеиновых кислот и других сложных веществ.

При метаболизме фруктозы в организме большая ее часть фосфорилируется в печени при воздействии особого фермента — фруктокиназы в положении C-1 и образует фруктозо-1-фосфат. Считают, что при участии специфической альдолазы фруктозо-1-фосфат превращается в диоксиацетонфосфат и глицеральдегид. Глицеральдегид восстанавливается до глицерина, затем через глицерол-3-фосфат окисляется до диоксиацетонфосфата.

У людей, которые лишены фруктокиназы, основная масса получаемой с пищей фруктозы выводится с мочой. Непереносимость фруктозы — серьезное заболевание, характеризующееся генетическим дефектом альдолазы, специфичной к фруктозо-1-фосфату. Даже при наличии необходимых

ферментов при чрезмерном потреблении сахара фруктозо-1-фосфат может накапливаться в печени и вызывать отрицательные последствия.

При образовании полисахаридов в клетках млекопитающих из фруктозы образуется фруктозо-6-фосфат, затем глюкозамин-6-фосфат и в конечном итоге — N-ацетилманнозамин, UOP-N-ацетилглюкозамин, UOP-N-ацетилгалактозамин. Производные моносахаридов активно участвуют в метаболизме живой клетки, стимулируя процессы фотосинтеза, обеспечения клетки энергией, детоксикации и вывода ядовитых веществ, биосинтеза ароматических соединений, в том числе и аминокислот тирозина и фенилаланина, образования сложных биополимеров (полисахаридов, гликопротеинов, гликолипидов, нуклеиновых кислот).

Фруктоза является восстанавливающим сахаром и образует кетогруппы: фенилгидразон, фенилозозон, п-бромфенилгидразон, меркаптали, ацетали и др. Фруктоза по сравнению с глюкозой более лабильна к кислотам, основаниям и температуре. Она быстро подвергается деструкции. При кипячении в нейтральном спиртовом растворе образует смесь из примерно семи веществ. Восстановление карбонильной группы приводит к смеси эпимерных полиолов. Окисляется азотной кислотой, кислородом воздуха [60]. При нагревании фруктозы с резорцином и соляной кислотой образуется красное (реакция Селиванова), с мочевиной — синее, с барбитуровой и тиобарбитуровой кислотами — розовое окрашивание. При ацилировании фруктозы получают, в зависимости от условий реакции, разной степени ацилированные производные.

Ангидриды фруктозы образуются при воздействии кислот и гидролизе полисахаридов. Они имеют свойства гликозидов и могут расщепляться кислотами до фруктозы.

Из известных способов получения фруктозы наибольшее значение имеют следующие: гидролиз сахарозы, ферментативное расщепление глюкозы и гидролиз фруктанов. Общим методом синтеза кетоз является окисление одного из вторичных гидроксильных полиолов до карбонильной группы хромовым ангидридом в пиридине или четырехокисью рутения. Широкое практическое применение находит способ микробиологического окисления полиолов бактериями.

Синтезируют также кетозы из альдоз. Наиболее простой способ основан на реакции Лобри де Брюина-Альберда ван Экенштейна [30].

Для выделения образующейся фруктозы, альдозы окисляют гипобромитом и альдоновые кислоты отделяют ионообменной хроматографией.



При использовании перегруппировки Амадори, когда гликозиламины нагревают с небольшим количеством слабой кислоты или моносахарид с амином и кислотой и аминокгруппу замещают на гидроксил действием азотной кислоты, получают кетозы.

Фруктоза может быть выделена при образовании труднорастворимых соединений с некоторыми веществами, например, с известью.

Она растворяется в безводном этаноле в присутствии безводного хлористого кальция, в то время как глюкоза остается нерастворимой. При добавлении воды образуется промежуточное соединение фруктозы с хлористым кальцием ( $C_6H_{12}O_6 \cdot CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ). Для выделения фруктозы его растворяют в воде и обрабатывают либо ионообменными смолами, либо переводят  $CaCl_2$  в  $CaSO_4$  двойным разложением с сульфатом щелочного металла, сульфатом аммония или серией кислот. Другие соли отделяют также на катионите. Выход фруктозы по этому способу — 80 %, а по способу с этанолом — 85 %. К недостаткам способа следует отнести большой расход спирта и необходимость использования громоздкого оборудования для отделения спирта и поддержания высокой концентрации. При выделении хлористого кальция на ионообменных смолах теряется фруктоза.

Тетзуджио Кубо и другие усовершенствовали этот метод, сократив расход спирта. Смесь с хлористым кальцием, добавленным в количестве более 15 %, при pH 2—7 сгущают до 77 % СВ и медленно охлаждают при слабом перемешивании. В результате образуется двойное соединение  $CaCl_2$  с фруктозой. Для выделения последнего предлагают электродиализ на ионообменной мембране. В конечном продукте после мембран содержится от  $1/200$  до  $1/300$  частей  $CaCl_2$ , который удаляется при пропускании через ионообменные смолы. При этом адсорбция фруктозы на смоле невелика и ее выход повышается.

Для разделения глюкозы и фруктозы используется также способность глюкозы образовывать двойное соединение с  $NaCl$  при pH 8,5. После перемешивания смеси ее выпаривают под разрежением до 78 % СВ и проводят кристаллизацию двойной соли, которая затем отделяется фильтрацией. Двойную соль глюкозы с  $NaCl$  растворяют в воде и пропускают через ионообменную колонку или диализатор с ионообменной мембраной. Полученный при этом раствор глюкозы выпаривают. В фильтрате после отделения двойного соединения, кроме фруктозы, содержится натрий хлористый, который может быть отделен пропусканием через

катионообменные смолы или диализатор с ионообменной мембраной. К недостаткам этого способа следует отнести трудности, связанные с освобождением от одновалентного иона  $Na^+$ , в конечном продукте — фруктозе — он присутствует.

Кроме разделения глюкозы и фруктозы образованием промежуточных соединений используется также ферментативный способ их разделения. Глюкоза под действием глюкозооксидазы переходит в глюконовую кислоту при pH 4,5—6,5. При обработке метанолом и  $NaOH$  получают кристаллы глюконата натрия. В растворе содержатся фруктоза, метанол, вода,  $NaOH$ . Метанол может быть удален перегонкой, а ионы металла — многократным пропусканием через ионообменные смолы. В результате получают раствор фруктозы, который выпаривают до 86—92 % СВ и кристаллизуют для выделения чистого продукта.

В производственных условиях фруктозу кристаллизуют из метилового, этилового спиртов. Фруктозосодержащий сироп добавляют в спирт при нагревании, вводят затравочные кристаллы фруктозы и затем смесь охлаждают. К недостаткам данного способа кристаллизации относятся большой расход спирта и плохое качество кристаллов из-за наличия спонтанной кристаллизации. Для предотвращения образования новых центров кристаллизации затравку вводят в виде насыщенного раствора фруктозы в пересыщенный раствор при температуре 40—60 °C и непрерывном перемешивании. При этом происходит отложение фруктозы на затравочных кристаллах без образования новых центров кристаллизации. Выход ее повышается на 20—30 % по сравнению с обычной кристаллизацией (до 70—80 % вместо 60—50 %). Расход спирта — 2—4 % к массе сухих веществ фруктозы. Выход фруктозы также повышается с применением этанола вместо метанола. Для предупреждения образования окрашенных продуктов разложения, реакций превращения фруктозы в глюкозу и маннозу Ф. Холгер и другие (1965 г.) предлагают вести процесс кристаллизации при величине pH, равной 4,5—5,5. Время кристаллизации при этом сокращается до 110—120 ч.

В промышленных условиях кристаллическую фруктозу получают из сахарозы (Австрия). В качестве исходного сырья можно использовать глюкозно-фруктозные сиропы.

Раствор смеси глюкозы и фруктозы пропускают через специальную колонку. В результате получают почти безводный метанольный раствор, в который сначала дают затравку кристаллов глюкозы. При этом выкристаллизуется большая часть глюкозы. Ее отделяют на центрифуге.

гах, промывают, высушивают. Такая глюкоза в  $\beta$ -форме пригодна для медицинских целей.

В маточный раствор вводят затравку в виде кристаллов фруктозы и выкристаллизовывают большую часть фруктозы. Утфель центрифугируют, кристаллы промывают и высушивают. Часть маточного раствора возвращают в технологическую линию, а часть выводят в виде инвертного сахара. Этот способ получения фруктозы прост, позволяет максимально автоматизировать процессы.

В Финляндии существует «Финсахар Инжиниринг» — отделение по экспорту технологии и проектов по производству кристаллической фруктозы и глюкозно-фруктозных растворов, разработанных А/О «Суомен Сокери». А/О «Суомен Сокери» первым в мире приступило к промышленному производству чистой кристаллической фруктозы. В основу разработанной технологии положен способ хроматографического разделения инвертного сахарного раствора на фруктозную и глюкозную фракции, очистка и сгущение растворов, выкристаллизовывание фруктозы из водных растворов без применения спирта. Особенности способа хроматографического разделения моносахаридов описаны ниже. В качестве сырья по этой технологии можно применять растворы инвертного сахара, глюкозу, глюкозно-фруктозный сироп. По этой технологии в США построен крупнейший в мире завод «Ксьюрофин».

В 1979—1986 гг. (КТИПП) разрабатывалась отечественная технология производства фруктозы и глюкозы из сахарозы. В основу технологии положен способ разделения фруктозы и глюкозы при пониженных температурах в присутствии гидрата окиси кальция и полиакриламида.

Сахар, соответствующий по качеству ГОСТ 21—78, растворяют в обезжелезенной воде (дистилляте, конденсате ретурного пара) до содержания сухих веществ 20—22 %.

Раствор подвергают гидролизу в присутствии  $H_2SO_4$  при  $pH=1,0$  (0,1 н раствор по кислоте) при  $100^\circ C$  в течение 10 мин. Применяют кислоту серную по ГОСТ 4204—77. Гидролизат, содержащий 50 % фруктозы и 50 % глюкозы к массе сухих веществ, охлаждают до  $0^\circ C$ — $+1^\circ C$  при перемешивании.

В охлажденный раствор медленно во избежание повышения температуры (экзотермическая реакция) при охлаждении и перемешивании вводят  $Ca(OH)_2$  в виде предварительно охлажденного сметанообразного молока из расчета: на 100 кг сахара 4 кг химически чистого и безводного  $CaO$  и 0,1 кг полиакриламида.

Осадок фруктозата кальция выделяют при центрифуги-

ровании, промывают ледяной водой, насыщенной  $CaO$ , в количестве 200 % воды к массе осадка.

Фруктозат кальция растворяют в воде до содержания сухих веществ 10—12 %, сатурируют до  $pH\ 8,2$ . Выделенный осадок отфильтровывают и выводят из производства. Раствор фруктозы очищают от оставшихся ионов  $Ca^{++}$  и  $SO_4^{--}$  на катионите КУ-2-8 и анионите АВ-17, пропуская раствор на катионите до достижения  $pH=2$ —2,5 и на анионите до  $pH=6$ —6,5. Раствор обесцвечивают до выпарной станции и после нее активным углем марки ОУ-Б в количестве 0,5 % к массе сухих веществ. На выпарной станции раствор концентрируют до 50—55 % СВ, в вакуум-аппаратах — до 87—88 % СВ.

Раствор фруктозы I продукта кристаллизуют при охлаждении от  $60^\circ C$  до  $30^\circ C$  в течение 70—90 ч. и наличии затравки 10 % кристаллов или 30 % утфеля I продукта от предыдущей кристаллизации. Для улучшения разделения кристаллов от межкристального раствора в утфель I продукта перед центрифугированием вводят этиловый спирт в количестве 20—30 % к массе утфеля. Кристаллы фруктозы промывают спиртоводным раствором и при влажности 4—6 % высушивают.

Фруктозу просеивают на бурате с капроновой сеткой № 57, пропускают через магнитный сепаратор, взвешивают, упаковывают. Межкристальный раствор с содержанием сухих веществ 73—75 % сгущают до 88—90 % СВ, кристаллизуют при охлаждении от  $60$  до  $30^\circ C$  в течение 100—120 ч. Утфель II продукта центрифугируют, кристаллы желтой фруктозы промывают водой, растворяют до 45—50 % СВ, и раствор направляют на очистку активным углем марки ОУ-Б после выпарной станции сиропа I продукта.

Межкристальный раствор фруктозы II продукта направляют в вакуум-аппарат для отгонки этилового спирта, подвергают контрольной фильтрации и выводят из производства для реализации в качестве столового сиропа.

Глюкозный раствор после отделения фруктозата кальция содержит глюкозы 80—90 %, фруктозы 10—20 %. Он направляется на сатурацию до  $pH=8,2$ . Осадок  $CaCO_3$  отфильтровывают. Раствор очищают катионитом КУ-2-8, анионитом АВ-17, активным углем марки Б до и после выпаривания. Количество угля — 0,5 % к массе сухих веществ раствора.

Сироп глюкозы I продукта уваривают в вакуум-аппарате от 50 до 76 % СВ, кристаллизуют при охлаждении от  $48^\circ C$  до  $30^\circ C$  в течение 70—80 ч, применяя затравку в виде

## 28. Качество фруктозы кристаллической

Показатели	Характеристики и норма
Внешний вид	Белый мелкокристаллический порошок
Запах	Без запаха
Вкус	Сладкий
Содержание влаги, %, не более	0,2
Удельное вращение $[\alpha]_D^{20}$	+93
Доброкачественность, %, не менее	99,5
Цветность, опт. ед. на 100 г СВ, не более	1,5
Содержание золы, %, не более	0,1
pH, ед.	4,7—5

10 % кристаллов глюкозы или 30 % утфеля предыдущей кристаллизации. Утфель I продукта центрифугируют, кристаллы промывают в центрифуге водой температурой 15—20 °С в количестве 100 % к массе кристаллов, высушивают от 14 до 9 % влаги, просеивают, сепарируют, взвешивают, упаковывают.

Межкристалльный раствор глюкозы I продукта сгущают до 78 % СВ, кристаллизуют при охлаждении от 48 °С до 30 °С в течение 100—120 ч при наличии 10 % кристаллов промытой желтой глюкозы.

Желтую глюкозу промывают водой с температурой 15—20 °С в количестве 100 % к массе кристаллов, растворяют в воде до 45—50 % СВ и направляют на очистку активным углем совместно с сиропом глюкозы I продукта после выпарки. Получают продукты доброкачественностью: клеровка — 96—98 %, гидрол — 85—87 %. В результате по описанной технологии получают фруктозу кристаллическую следующего состава (табл. 28).

Выход кристаллической фруктозы при двухпродуктовой схеме составляет около 10—12 % по массе сахарозы, а с учетом фруктозы межкристалльного раствора — до 80 % от теоретически возможного.

Выход глюкозы аналогичен выходу фруктозы, однако качество глюкозы получается невысоким из-за значительно больших скоростей щелочного разложения глюкозы на верстате завода по сравнению с фруктозой. Поэтому достичь качества кристаллической глюкозы соответствующего ГОСТ 975—75 по данной технологии трудно, а качество медицинской глюкозы без применения перекристаллизаций — невозможно.

## Фруктоза кристаллическая медицинская

Фруктозу кристаллическую медицинскую получают путем перекристаллизации фруктозы кристаллической пищевой. Фруктозу кристаллическую пищевую растворяют в дистиллированной воде или чистом конденсате до содержания сухих веществ 45—55 %. Фруктозный раствор осветляют активным древесным углем марки ОУ-Б или активным гранулированным углем марки АГ-3 в количестве соответственно 10—15 и 3—5 кг на 1 т готовой фруктозы. Очистку производят при температуре 30—60 °С и перемешивании продукта с углем не менее 30 мин.

Суспензию фильтруют на дисковых, барабанных фильтрах, фильтр-прессах. Лучшими аппаратами являются барабанные вакуумные фильтры с микросъемом фильтрующей присадки (перлит, диатомит, древесная мука и др.). Фильтрат подвергают тщательному контрольному фильтрованию, сгущают до содержания сухих веществ 86—88 %, фильтруют через плотное капроновое сито (№ 67), охлаждают до 47 °С.

В раствор вносят не менее 8 % затравочных кристаллов медицинской фруктозы и кристаллизуют при постепенном охлаждении от 42—44 °С до 25—30 °С в течение 48—60 ч.

Утфель медицинской фруктозы центрифугируют, применяя для промывки 40—60 %-ный водный раствор этилового спирта или охлажденный до 4—10 °С конденсат.

Первый межкристалльный раствор с содержанием сухих веществ 78—81 % и доброкачественностью около 95—97 % направляют в производство пищевой кристаллической фруктозы, а второй межкристалльный раствор (СВ 30—50 %, Дб 99 %) — на уваривание сиропа медицинской фруктозы.

Кристаллы медицинской фруктозы высушивают в мягких режимах при температуре 40—70 °С до влажности 0,2—0,3 %, просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм и упаковывают в герметичную тару.

## Глюкозно-фруктозные сиропы

Под влиянием резкого повышения цен на сахар во многих странах мира возникла потребность в новых альтернативных подслащивающих веществах. Разработан промышленный способ переработки глюкозы во фруктозу. «Финсахар Инжиниринг» (АО «Суомен Сокери») имеет необходимый «Ноу-хау» на все стадии производства такого вещества, называемого глюкозно-фруктозным сиропом (ГФС),

а в США — HFSGS, способного конкурировать со свекловичным и тростниковым сахаром. Сироп вырабатывается из крахмала путем многостадийного ферментативного процесса с использованием  $\alpha$ -амилазы, амилоглюкозидазы и глюкозоизомеразы.

Из кукурузы, пшеницы или ячменя по известным технологиям выделяют крахмал, производят его декстринизацию, осахаривание и изомеризацию растворов, разделение (сепарацию) моносахаридов, обогащение сиропа фруктозой [62].

Производят глюкозно-фруктозные сиропы с 42, 55 и 90 % -ным содержанием фруктозы. Изомеризация глюкозы во фруктозу является наиболее эффективным способом повышения сладости сахаристых веществ из крахмалистого сырья. Процесс изомеризации можно осуществить с применением щелочных или биологических катализаторов.

Японские ученые исследовали щелочную изомеризацию глюкозы во фруктозу. При этом в качестве катализатора использовали растворы едкого натра различной концентрации. При определенных условиях образуется до 35 % фруктозы.

В ходе химической изомеризации глюкозы во фруктозу образуется ряд побочных продуктов и продуктов разложения с высокой цветностью.

Удаление побочных продуктов реакции связано с использованием сложных и дорогостоящих способов очистки при низком выходе фруктозы. Поэтому промышленного развития эти способы не получили.

А. Маршалл и Г. Коун (США, 1960) открыли микроорганизмы, продуцирующие фермент глюкозоизомеразу, способный изомеризовать глюкозу во фруктозу.

Благодаря специфичности действия фермента изомеризация глюкозы во фруктозу осуществляется без побочных нежелательных явлений. При этом выход фруктозы повышается до 50 %.

Быстрому внедрению ферментативной изомеризации глюкозы в промышленность способствовали исследования японских ученых, которые установили, что глюкозоизомеразу можно закрепить в клетке мицелия с помощью тепловой обработки и применять при изомеризации многократно.

Это позволило обосновать целесообразность повышения сладости сахаристых веществ из крахмала введением в технологию экономически эффективного способа ферментативной изомеризации. Процесс зависит от pH, температуры, продолжительности и т. д. В качестве субстрата используют растворы глюкозы концентрацией 35—50 %. При

более высоких концентрациях изомеризация замедляется, так как из-за высокой вязкости субстрата снижается скорость процесса.

В интервале pH 5—7 содержание фруктозы в гидролизате тем больше, чем выше pH. При pH 6,2—6,5 может протекать химическая изомеризация. Чем выше pH, тем она более проявляется, нарастает цветность и наряду с фруктозой образуются D-манноза и D-психоза, обладающие неприятным вкусом.

Каждый ферментный препарат имеет свой оптимум pH, определяемый экспериментально, в основном, в пределах 7,5—8,2. Ферментативную изомеризацию проводят таким образом, чтобы химическая изомеризация была сведена до минимума. Содержание D-психозы в готовом продукте не должно превышать 0,3 % к массе сухих веществ сиропа.

Глюкозоизомеризирующие ферментные препараты термостойчивы. Оптимальное значение температуры для действия большинства их лежит в области 58—65 °C. С повышением температуры до 80 °C скорость реакции изомеризации возрастает. Однако препараты стабильны при более низких температурах — 40—60 °C. Фруктоза не термостабильна и при нагревании разлагается с образованием красящих веществ.

Изомеризация при высоких температурах, особенно в щелочной среде, сопровождается интенсивным нарастанием красящих веществ и D-психозы. Так, при одинаковой продолжительности нагрева цветность сиропов фруктозы при 60 °C в 4 раза ниже, чем при 75 °C.

При более длительной периодической изомеризации выбирают низкую величину pH и температуру 60—65 °C, а при непрерывной — щелочную зону pH и более высокую температуру.

Изомеризация глюкозы во фруктозу — обратимая реакция. Равновесное состояние характеризуется содержанием 48—52 % фруктозы и 52—48 % глюкозы. Глюкозоизомеразы из *Streptomyces SSP* при 70 °C образует 55—56 % фруктозы и 44—45 % глюкозы.

Большой выход фруктозы может быть получен добавлением в реакционную смесь в начале реакции либо при наступлении равновесия соединений бора в виде водорастворимых боратов калия или плохо растворимых боратов магния, бария, стронция, кальция, марганца.

Глюкозоизомеразы являются внутриклеточными ферментами. Однако микроорганизмы способны накапливать ферменты в культуральной жидкости. Продуцентами глюкозоизомеразы являются бактерии и актиномицеты. Известно

более 50 видов и несколько раз больше различных штаммов этих видов микроорганизмов.

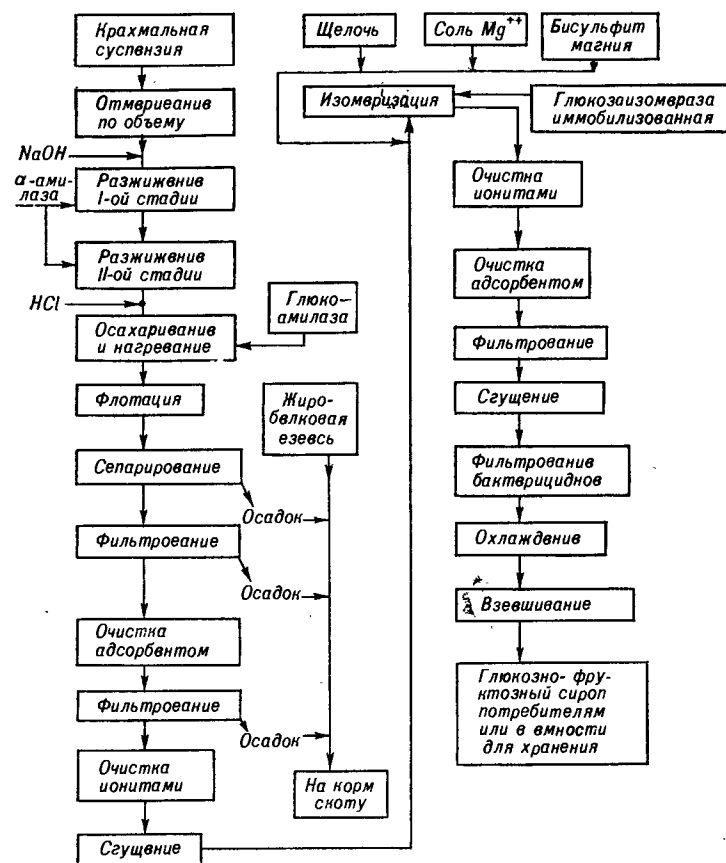
Микроорганизмы, продуцирующие глюкозоизомеризующие ферментные препараты, культивируются на питательных средах, в состав которых обязательно должны входить ксилансодержащие материалы — солома, пшеничные отруби, кукурузная кочерыжка и др. В качестве источника азота при культивировании применяют кукурузный экстракт, пептон мясной и дрожжевой экстракт. Глюкозоизомераза — металлофермент, поэтому в состав питательной среды входят добавки солей необходимых металлов (кобальта, магния).

Культивирование осуществляется глубинным способом в течение 48—50 ч. По окончании выращивания мицелий отделяют от питательной среды центрифугированием и промывают водой.

Препарат глюкозоизомеразы получают двумя способами: клетки мицелия подвергают определенной обработке с целью фиксирования фермента внутри клетки и используют эту биомассу для изомеризации; фермент выделяют обработкой водной суспензии клеток ультразвуком или просто экстракцией растворителями. Для очистки применяют диализ.

В настоящее время получены высокоочищенные кристаллические препараты глюкозоизомеразы. Молекулярная масса их, по данным различных авторов, колеблется от 160 до 175 тыс. Глюкозоизомераза в кристаллическом виде содержит 1,4 атома  $\text{Co}^{++}$  на каждую молекулу фермента. Глюкозоизомераза — высокомолекулярное полипептидное соединение. Молекулы ее имеют строгую пространственную упорядоченность, в результате которой образуется активный центр — относительно ограниченный участок, содержащий определенное число реакционноспособных химических групп. Последние обеспечивают каталитический процесс. Главной характеристикой препаратов является глюкозоизомеризующая активность.

В. Р. Ламм и другие (1970) предложили международную глюкозоизомеризующую единицу активности IGIV — количество фермента, которое может изомеризовать 1 микромоль глюкозы во фруктозу за 1 мин в растворе, содержащем 2 М глюкозы, 0,02 М  $\text{MgSO}_4$ , 0,001 М  $\text{CoCl}_2$  на 1 л при pH 6,84—6,85 (буфер — 0,2 М малеат натрия) при 60 °С. Фруктозу при этом определяют поляриметрическим или цистеинкарбазоловым методом. Основные технологические процессы производства глюкозно-фруктозных сиропов сводятся к следующему (рис. 26).



26. Технологическая схема производства глюкозно-фруктозного сиропа из крахмала

Крахмальное молоко, максимально очищенное на гидроциклонах от растворимого (не более 0,03 %) и нерастворимого (не более 0,4 %) протеина, с содержанием сухих веществ около 35 % разжижают двойным ферментативным гидролизом с помощью бактериальной  $\alpha$ -амилазы и осаживают глюкоамилазой,  $\alpha$ -амилаза переводит крахмал сначала в клейстер, а затем в мальтодекстрины. Разжижение крахмала производят инъекцией пара в крахмальное молоко. В молоке с помощью NaOH устанавливают pH 6,2—6,7, вводят 0,015 % по массе сухих веществ молока  $\text{CaCl}_2$ ,  $\frac{2}{3}$  части фермента  $\alpha$ -амилазы. В течение 23—25 с смесь

нагревают до 85 °С, перемешивают (300 об/мин). Длительность I стадии разжижения 40—60 мин. Продукт нагревают до 130—140 °С паром, выдерживают 5 мин, направляют в испаритель (температура снижается до 85 °С), вводят 1/3 часть от общего количества  $\alpha$ -амилазу, выдерживают, осаживают [35]. При разжижении крахмала термостабильной  $\alpha$ -амилазой выдерживают температуру клейстера 95—105 °С. Смесь выдерживают в реакторе при давлении 0,1—0,15 МПа и температуре 105 °С 5 мин, а потом 1,5 ч — при 95 °С. Лучше разжижать крахмал термостабильной  $\alpha$ -амилазой в две стадии [37]. На I стадии вводят 1/3, а на II — 2/3 от всего количества  $\alpha$ -амилазы. На второй стадии продукт выдерживают при 95 °С 220 мин. В разжиженном крахмальном продукте содержится 18—20 % редуцирующих веществ. Осахаривание продукта осуществляют при pH 4—5 и 62 °С. Глюкоамилазу вводят в ферментеры емкостью 120—400 м³ каждый. Раствор должен содержать около 30 % сухих веществ. Смесь выдерживают при перемешивании 80—120 ч. Следят, чтобы не было инфицирования. Емкости после осахаривания промывают 3 %-ным раствором формалина, водой, пропаривают в течение 30—40 мин. Осахаривание крахмала заканчивают, когда в растворе накапливается 97—98 % редуцирующих веществ (94—95 % глюкозы). Фермент инактивируют нагреванием до 80—90 °С или пропусканием через сильноосновной ионит. Глюкоамилаза должна иметь активность 1000—2000 ед. ГА на 1 г препарата.

Осахаренные сиропы очищают от жира-белковых веществ на специальных сепараторах, флотаторах, вакуум-фильтрах. Сироп осветляют порошкообразным активным углем марки ОУ-Б в количестве 0,5 % по массе сухих веществ сиропа. На некоторых заводах механическое фильтрование сиропов совмещают с очисткой углем. Фильтрование производят на автоматических фильтр-прессах, барабанных вакуум-фильтрах.

При очистке сиропов гранулированным активным углем процесс осуществляют на колонных фильтрах. Уголь регенерируют. Ладур Т. А. (1975) рекомендует для этих целей применять отечественный гранулированный уголь марки АГ-8, предварительно прокипяченный в растворе 0,1 н HCl 30 мин. Сиропы деминерализуют на катионите КУ-2-8 и низкоосновном анионите с третичной аминогруппой АНТ-511. Аниониты АВ-17-2П и АВ-17-10П для очистки не пригодны, так как изомеризуют фруктозу и глюкозу. Анионит АНТ-511 имеет удельную нагрузку при 25 и 60 °С одинаковую, 63 м³/м³ смолы, и эффект обесцвечивания 80 %.

## 29. Характеристика промышленных зарубежных образцов иммобилизованной глюкоизомеразы

Торговая марка	Страна-изготовитель	Активность, ед ION/g	Продуктивность товарного препарата, кг/кг	Оптимальные условия изомеризации	
				pH	температура, °C
Sweetzeme Q	Novo Industri (Дания)	400	2000	8,2	60—65
—	John Brown (Англия) [64]	290	2000	7,8	58—60
	Fives — Cain — Babcoc				
Lizage GI—400	(Франция) [65]	400	2000	7,5	60
	Gist Brocodes				
Maxazyme G—I	(Голландия)	400	1300	7,5	58—60
	Suomen Sokeri				
Spesyme IGI—450	(Финляндия) [62]	450	4000—6000	7,8	58—60

Перед употреблением анионит обрабатывают бикарбонатом натрия и пропаривают.

Очищенные таким образом глюкозные растворы перед изомеризацией сгущают на многокорпусных выпарках до 45—50 % СВ. При этом удаляется ингибитор ферментов — кислород [38]. В сироп дозируются необходимые для изомеризации компоненты: соли магния, щелочь и бисульфит натрия для создания буферности и подавления процесса инфицирования. Для более полного удаления воздуха сироп перекачивают в сборник, находящийся под вакуумом. Изомеризацию осуществляют при соблюдении условий, указанных в табл. 29.

При этом изомеразы работают 1—1,6 мес, а при регенерации и повторной иммобилизации Spesyme IGI — 450 — до 8 мес.

После изомеризации в сиропе устанавливается pH 4,5—5,0. Изомеризат очищают на ионообменных смолах, увеличивая удельную нагрузку на них до 120—150 объемов с 1 объема смолы. Окончательную очистку осуществляют активными углями, описанными выше. Сироп сгущают под вакуумом до 70—71 % СВ. На некоторых предприятиях сироп фильтруют на фильтр-прессах с микробиологическими пластинами (диаметр пор 0,8 мкм). Глюкозно-фруктозный сироп охлаждают до 30—35 °С и хранят 3—5 сут при 25—30 °С в вертикальных емкостях с коническими днищами. Глюкозно-фруктозный сироп по мировым стандартам должен иметь в 10 г сухих веществ сиропа не более:

мезофильных микроорганизмов — 200, плесени — 10, дрожжей — 10 ед.

В производстве сиропов мощностью 200 т/сут разные фирмы расходуют 240—475 кВт·ч электроэнергии на 1 т сиропа, 8,5—14 т/ч пара, 62,5—92 м³/ч охлаждающей и 12—17 м³/ч процессовой воды. Общее количество сточных вод 650—850 м³/сут. Отработанный фермент из-за наличия хлористого кобальта не используют в качестве корма животным, сжигают или удаляют на свалку.

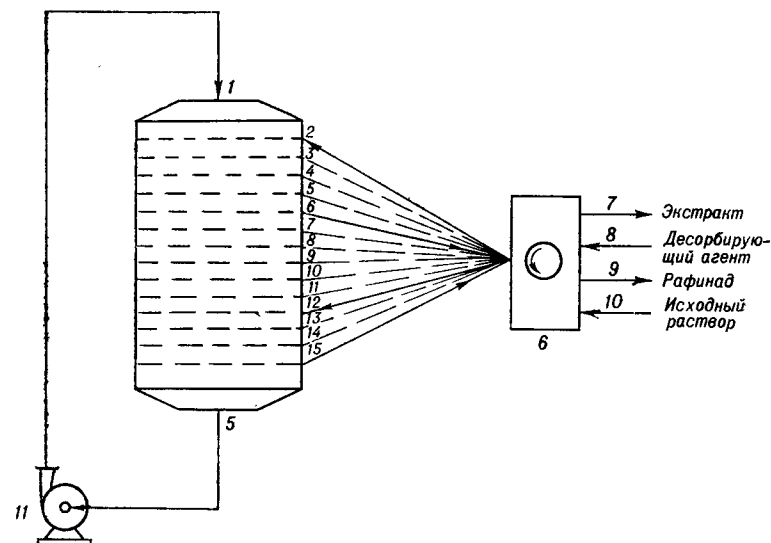
Жиро-белковый осадок с барабанных фильтров (2,2 т/сут, СВ 55 %) и отработанный уголь (0,5 т/сут, СВ 50 %) отдают на корм животным.

Исследования, проведенные в НПО по крахмалопродуктам, показали, что на 1 т глюкозно-фруктозного сиропа СВ 71 % расходуется 676,2 кг абсолютно сухого крахмала или 1264 кг кукурузного зерна товарной влажности, а на 1 т безводного сиропа соответственно 952,4 и 1787 кг. Расход  $\alpha$ -амилазы (амилосубтилин) составил 0,75, глюкоамилазы очищенной—2,5, глюкоамилазы иммобилизованной — 0,75 кг на 1 т ГФС (в пересчете на СВ).

Корпорация VOR (Де-Плэйн, Иллинойс, США) в 1980 г. применила [66] иммобилизованную глюкозоизомеразу «Ketotax GI-100» для процесса разделения «Sarex» с эффективностью выделения фруктозы 91,5 %. Глюкозоизомеразу получают из микроорганизмов рода *Streptomyces* и находится на несжимаемых твердых гранулах носителя «Ketotax GI-100», имеет ферментную активность 1000—2000 ед/г сухой массы, период полураспада — 75—90 дней, производительность 1 кг фермента составляет 22,5 т сухого вещества сиропа, называемого в США: «Патока кукурузная с высоким содержанием фруктозы». Фермент стабилен, не выщелачивается, хорошо работает при 55 °С и в глубинных слоях (несжимаем), гидратирован (перекачивается насосом). Фермент глюкозоизомеразы хранится и транспортируется в водно-солевом растворе при 30 °С. При 4 °С он хранится около 6 мес. В реактор загружают фермент около 20 % его объема. Процесс разделения основан на принципе адсорбционной жидкостной хроматографии (рис. 27).

Основные технологические характеристики способа разделения сахаров «Sarex» показаны в табл. 30.

Из них следует, что линейная скорость потока разделяемого раствора, отнесенная к площади поперечного сечения адсорбента в колонне, линейно зависит от перепада давления на метр длины его слоя. Производительность установок увеличивается с повышением температуры от 55 до 80 °С и длительности работы до 60—100 дней. Активность «Keto-



27. Модель непрерывной адсорбционной хроматографии (разделения) глюкозы и фруктозы:

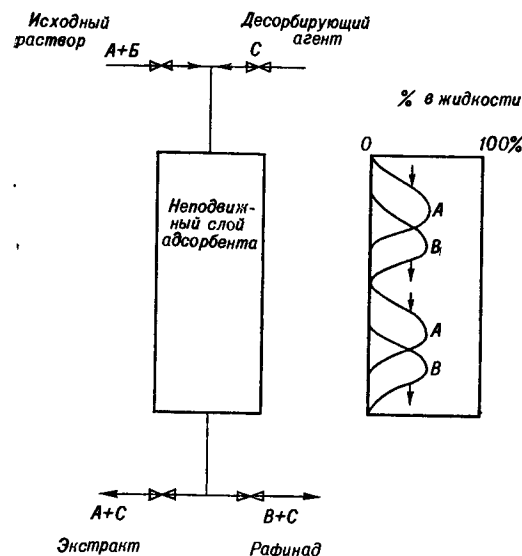
1, 8 — десорбирующий агент; 2, 7 — экстракт; 3, 10 — исходный раствор; 4, 9 — рафинад; 5 — колонна с адсорбентом; 6 — клапан вращательный; 11 — насос циркуляционный

тах GI-100» при длительности использования фермента более 150—200 сут уменьшается в 10—15 раз. Содержание фруктозы в экстракте возрастает при снижении содержания сухих веществ в исходном растворе. Для объяснения процесса непрерывного разделения сахаров «Sarex» рассмотрим принцип разделения веществ в периодической хроматографии (рис. 28).

Если на неподвижный слой адсорбента поступает раствор, содержащий компоненты А и В, то эти компоненты при элюировании жидким десорбирующим агентом С перемещаются к выходу аппарата и удаляются в виде экстракта (А+С) и рафинада (В+С). Скорость перемещения компонентов А и В через слой адсор-

30. Характеристика продуктов по способу разделения глюкозы и фруктозы «Sarex»

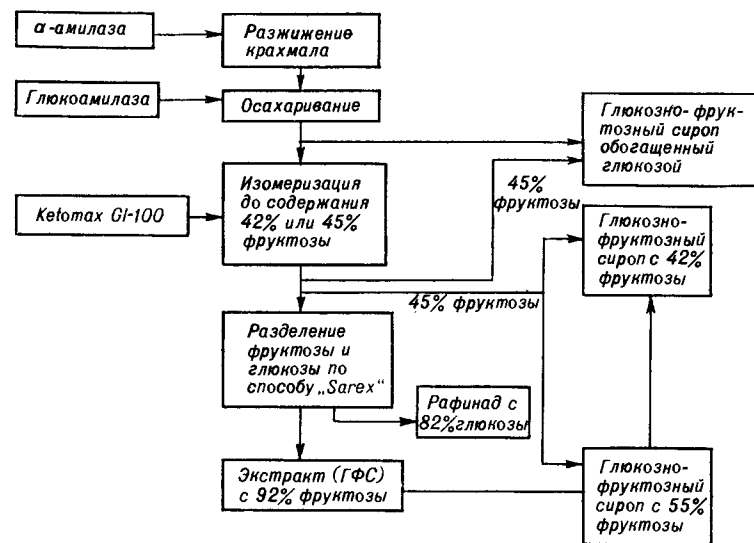
Содержание сахаров, % по массе сухих веществ	Глюкозно-фруктозный сироп	Высокофруктозный сироп (экстракт)	Высокоглюкозный сироп (рафинад)
Фруктоза	41,6	94,4	5,90
Глюкоза	53,1	4,9	85,69
Дисахариды	3,8	0,4	6,10
Трисахариды	0,7	0,2	1,04
Высшие сахараиды	0,8	0,1	1,27



28. Модель периодической адсорбционной хроматографии

бента неодинакова. Но, чтобы наименее сильно удерживаемый компонент В «не догнал» наиболее сильно удерживаемый компонент А из предыдущей загрузки исходного сырья, следующая загрузка должна быть задержана. В промышленном масштабе такой способ привел бы к значительным затратам на адсорбент и десорбирующий агент. При противоточном перемещении адсорбента в слое разделяемой жидкости этот недостаток можно было бы устранить, если бы не имело места разрушение частиц адсорбента и неоднородность потока жидкости. В процессе «Sagex» адсорбент неподвижен, а исходный раствор, десорбент, экстракт и рафинад периодически движутся к выходу и изменяют положения потоков. С помощью специального вращательного клапана в моделируется противоток растворов и адсорбента, положения потоков чередуются. Циркуляционный насос перекачивает экстракт с нижней в верхнюю часть колонны. Это позволило уменьшить объем адсорбента до 25 %, а десорбента — до 50 % по сравнению с периодическим процессом. Упрощенная технологическая схема разделения фруктозы и глюкозы показана на рис. 29.

В 42 %-ном глюкозно-фруктозном сиропе содержится 42 % фруктозы, 52 глюкозы, 6 % высших сахаров. В 55 %-ном глюкозно-фруктозном сиропе содержится 55 % фруктозы, 40 глюкозы, 5 % высших сахаров. Обогащенный фрук-



29. Блок-схема разделения глюкозы и фруктозы по способу «Sagex»

тозой 55 %-ный глюкозно-фруктозный сироп получают смешиванием 2,85 части 42 %-ного сиропа с 1 частью 92 %-ного фруктозного экстракта.

**Высокофруктозные кукурузные сиропы.** В 1976 г. за рубежом в промышленных условиях впервые получен высокофруктозный сироп, содержащий 60 % фруктозы, 36 % глюкозы и 4 % олигосахаридов. В настоящее время в США вырабатывается сироп, в котором фруктозы находится 90—95 % (сиропы III поколения).

Высокофруктозные сиропы хорошо сохраняются и транспортируются. Одним из известных промышленных способов получения этих сиропов является создание условий для частичной кристаллизации глюкозы и последующее удаление ее из обычного глюкозно-фруктозного сиропа. В Финляндии сгущают сиропы до 82—92 % СВ и кристаллизуют их 2 сут.

Это позволяет получить сиропы с содержанием фруктозы до 50—60 %. Второй способ — фракционирование сиропов путем селективной адсорбции. В качестве адсорбента используют ненабухающую смолу в кальциевой форме, имеющую жесткую структуру и свободную от органических компонентов. Фруктоза адсорбируется на смолу и в дальнейшем вымывается дистиллированной водой при температуре 60 °С. Десорбент фруктозы — дистиллированная вода — берется в количестве 2—2,4 объема исходного



### 31. Состав угпеводов в сиропах

Содержание сахаров, % по массе сухих веществ	Исходный сироп	Высокофруктозный сироп	Глюкозно-фруктозный сироп
Фруктоза	3,24	95,01	42
Глюкоза	85,91	3,82	51,24
Псилоза	0	0,36	0,15
Дисахариды	0,06	0,67	5,52
Трисахариды	1,34	0,04	0,79
Высокомолекулярные сахара	0,45	0,10	0,30

лоннах. Глюкозная фракция возвращается на изомеризацию или направляется на станцию кристаллизации глюкозы. Фруктозную фракцию смешивают с концентрированным 42 %-ным сиропом, очищают и сгущают под вакуумом или сгущают до 75—77 % СВ и смешивают с обычным сиропом. Применяя ЭВМ и поляриметр непрерывного действия, смешивание сиропов производится автоматически.

Олигосахаридные фракции и промывные воды сгущают на выпарке до 55 % СВ и направляют в корм для животных. Для производства 1 т ВФС за рубежом расходуют 1—1,05 т кукурузного крахмала, 0,5—2,6 кг  $\alpha$ -амилазы, 1,02—2,2 кг глюкоамилазы, 0,16—1 кг глюкоизомеразы, 0,7—10 кг активного угля, 3—20 кг фильтрующего материала, по 0,1—0,5 кг катионита и анионита (табл. 32).

### Применение фруктозы и глюкозно-фруктозных сиропов

Фруктоза хорошо усваивается организмом без вредных воздействий и побочных явлений. Фруктоза — самый сладкий сахар. Если принять сладость сахарозы за 100 %, то сладость фруктозы составляет 173,3, а глюкозы — 74,3. Чистая фруктоза ранее применялась в медицине. В настоящее время при шоковых состояниях и сердечных заболеваниях применяют препарат 1,6-дифосфат фруктозу.

В последние годы фруктоза используется в пищевой промышленности. Обладая высокой растворимостью, она медленно адсорбирует и теряет влагу. Хорошо совместима с

сиропа. По этому способу получают сиропы с содержанием фруктозы 55, 60, 70, 90 и 95 %. По данным Д. Броугтон и других, исходный и полученные продукты характеризуются следующим углеводным составом (табл. 31).

Высокофруктозные сиропы получают путем сгущения сиропов, содержащих 42 % фруктозы, смешивания их с неконцентрированным сиропом до СВ 60 % и хроматографического разделения в колоннах.

### 32. Удельный расход сырья и основных вспомогательных материалов на производство 1 т глюкозно-фруктозного сиропа

Сырье и материалы	Фирмы (страны)			
	ДЛС—Кройер (Дания)	(ФРГ)	Джон Браун (Англия)	Суомен Сокери (Финляндия)
Крахмал кукурузный, т	0,965	0,965	0,950	0,950
$\alpha$ -амилаза, л	2,40	1,06	1,08	0,50
Амилотрипсидаза, л	2,30	1,80	1,02	1,1
Глюкоизомеразы, кг	1	0,72	0,36	0,24
Активный уголь, кг: гранулированный	2,9	2,9	—	—
порошкообразный	—	—	10,8	10
Фильтровальный порошок, кг	7	7	20	16
Катионит, л	0,5	0,5	—	0,1
Анионит, л	0,5	0,5	—	0,2
Сернокислый магний, кг	1	22	1	1
Хлорид кальция, кг	1,43	1,43	3,60	0,70

различными добавками в кондитерские изделия и напитки, препятствует кристаллизации сахаров, высушиванию изделий. Фруктоза в кондитерских изделиях регулирует влажность (помадные, железные конфеты), усиливает сладкий вкус, улучшает структуру изделий. Глюкоза и фруктоза легко сбраживаются дрожжами. За рубежом выпускают варенье, мармелады, соки, напитки, мороженое, шоколад и другие продукты, содержащие фруктозу.

Наиболее перспективным заменителем свекловичного сахара является глюкозно-фруктозный сироп. По химическому составу, сладости и питательной ценности он аналогичен инвертному сахару.

Объем производства этого продукта в капиталистических странах (США, Японии, Голландии, Дании и др.) возрастает ежегодно, что объясняется меньшей его себестоимостью и такой же или большей сладостью по сравнению со свекловичным сахаром.

Глюкозно-фруктозный сироп, по мнению многих исследователей, может частично или полностью заменить сахар в различных отраслях пищевой промышленности. Он обладает низкой вязкостью, высокой гигроскопичностью, обусловленной присутствием фруктозы, что способствует сохранению влаги и предотвращению высыхания в таких продуктах, как глазурь и помада; высоким осмотическим давлением, повышающим бактериальную стабильность; лег-

кой сбраживаемостью дрожжами, что очень важно в хлебопечении; стабильностью цветности.

Т. Пальмер (1979) приводит сравнительные данные по сладости сахарозы и ее заменителей — глюкозы и глюкозно-фруктозного сиропа при различных добавках к сахарозе. Значение сладости (%):

Сахароза	100
Глюкозно-фруктозный сироп	88
Смесь 20 % глюкозы и 80 % сахарозы	91
Смесь 50 % -ного глюкозно-фруктозного сиропа и 50 % сахарозы	98

В США производство фруктозной патоки с содержанием 55 % фруктозы ежегодно увеличивается на 4—5 %. Она потребляется в основном на производство напитков (61,8 % в 1985 г.), хлебобулочных изделий 12,1 %, консервных изделий — 12,4, бакалейных товаров — 7,8, молочных продуктов — 5,3, кондитерских изделий 0,6 %. В потреблении сахаристых веществ на душу населения доля кукурузных сахаров в 1985 г. составляла 42,4 %.

Большое количество глюкозно-фруктозного сиропа потребляется в безалкогольном производстве. Он используется для выработки фруктовых напитков и сахарных сиропов. Все виды безалкогольных напитков сохраняют аромат фруктов и не теряют его при хранении.

В производстве джемов и консервов использование глюкозно-фруктозного сиропа позволяет повысить бактериальную стабильность и усилить аромат фруктов. Добавление 50 % глюкозно-фруктозного сиропа и 50 % высокомальтозной патоки вместо сахарозы устраняет кристаллизацию сахарозы при хранении готовых продуктов. В консервированных фруктах и овощах замена сахара глюкозно-фруктозным сиропом способствует сохранению натуральной окраски.

Дозировки сиропа у различных исследователей несколько отличаются. Г. Робинсон и другие (1964) рекомендуют заменять сахарозу на 30 % глюкозно-фруктозным сиропом и 30 % кукурузной патокой. А. Дингвалл и другие приводят данные промышленного опыта по замене 100 % сахарозы на глюкозно-фруктозный сироп с содержанием сухих веществ 15; 30 и 40 %.

Большинство фруктов содержат фермент инвертазу, которая превращает сахарозу в глюкозу и фруктозу. Поскольку не вся инвертаза инактивируется во время стерилизации фруктов, то в процессе хранения возможна инверсия сахарозы.

В отличие от сахарозы глюкозно-фруктозный сироп не подвергается действию инвертазы и его состав остается постоянным во время обработки и хранения джемов, желе или консервов.

При приготовлении маринадов, компотов и других консервированных продуктов высокое осмотическое давление глюкозно-фруктозных сиропов способствует более быстрому проникновению сахаров в ткань консервируемых продуктов. В консервной промышленности этот сироп особенно полезен благодаря антикристаллизационным свойствам, отсутствию инфицирования, стабильности углеводного состава и цветности.

В молочной промышленности также используют глюкозно-фруктозные сиропы. Замена 50 % сахара в производстве мороженого в сочетании с кукурузной патокой смещает точку замерзания.

В кондитерском производстве глюкозно-фруктозный сироп по функциональным свойствам сравнивают с инвертным сахаром. Его применяют при изготовлении мягких конфет, помад, зефиров, жевательных резинок. Замена 100 % сахарозы глюкозно-фруктозным сиропом не изменяет сладость, аромат и структуру продукта. Наличие большого количества моносахаридов в сиропе и особенно гигроскопичной фруктозы обеспечивает отличную смачивающую способность. Благодаря этому кондитерские изделия долго остаются свежими, не засыхают. Глюкозно-фруктозным сиропом можно заменить до 20—50 % сахарозы в тортах, до 20 % — при выработке белой глазури, 25—75 % — в глазури для зефира и полностью заменить сахарозу в жележных начинках. В карамельном производстве сироп не применяют из-за высокой гигроскопичности.

Глюкозно-фруктозный сироп является хорошим подслащивающим веществом в мороженом, хлебобулочных изделиях. Им можно заменить до 100 % сахарозы. При этом хлеб не отличается по вкусу, однородности, цвету мякиша и дольше сохраняет влажность. При нагревании сиропы темнеют, что способствует образованию золотисто-коричневой корки.

При изготовлении соусов, кетчупов глюкозно-фруктозные сиропы могут полностью или частично заменить сахарозу. Наиболее экономичной является смесь, состоящая из 30 % высокоосахаренной патоки с ДЕ-64 %, 30 % сахарозы и 30 % глюкозно-фруктозного сиропа.

В сочетании с высокоосахаренной патокой осуществляется также замена 50—100 % сахара в рецептуре большинства консервированных начинок для пирожков.

Разработка технологии получения высокофруктозных сиропов с содержанием фруктозы до 90 % позволит значительно расширить ассортимент продуктов пищевой промышленности. Кроме использования его для полной замены сахарозы в напитках, джемах, желе, консервированных продуктах, сироп можно использовать в сочетании с сахарином. Это обеспечит низкую калорийность и улучшит вкус изделий.

Новый высокофруктозный сироп можно применять в производстве разнообразных молочных продуктов, начинок для пирогов, яблочных соусов, ликеров, хлебобулочных изделий и в некоторых ферментативных процессах.

### МАЛЬТОЗОСОДЕРЖАЩИЕ САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

#### Мальтоза кристаллическая

Мальтоза кристаллическая  $C_{12}H_{22}O_{11}$  является восстанавливающим дисахаридом, построенным из двух остатков D-глюкозы, связанных  $\alpha$ -1,4-глюкозидной связью.

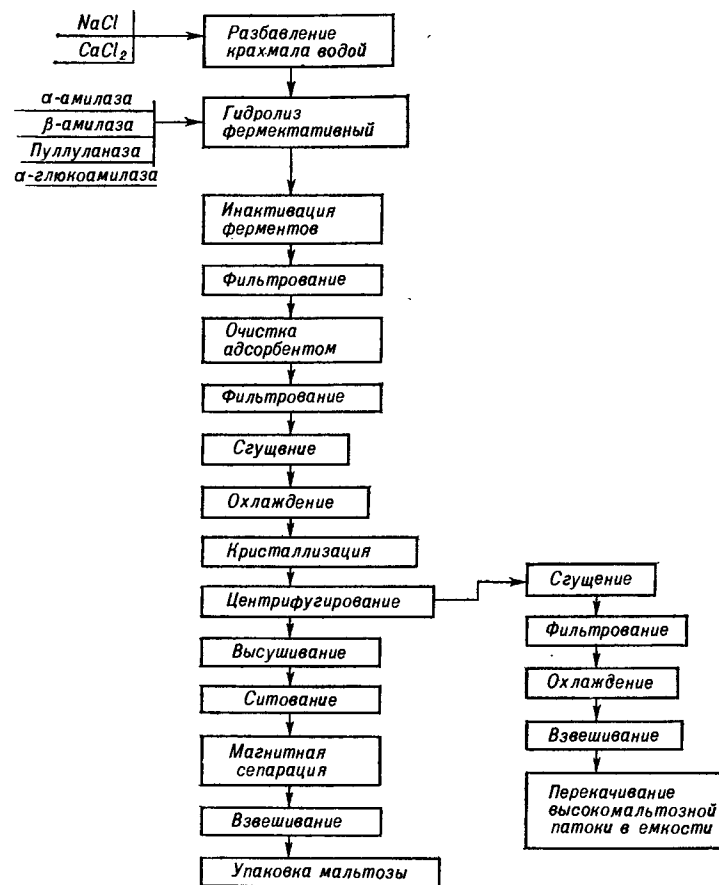
Мальтоза может быть в двух формах, отличающихся расположением ацетального гидроксидов,  $\alpha$ - и  $\beta$ -формам. Кристаллическая форма существует в виде гидратной  $\beta$ -формы с температурой плавления  $102-103^\circ\text{C}$  и  $[\alpha]_D = +111,7^\circ$  и безводной  $\alpha$ -формы с температурой плавления  $108^\circ$  и  $[\alpha]_D = +173^\circ$ .

В водных растворах мальтоза мутаротирует, равновесная смесь имеет  $[\alpha]_D = +130,4^\circ$ . Мальтоза хорошо растворяется в воде и пиридине. Не растворима в этиловом спирте и серном эфире. Восстанавливает раствор Фелинга и аммиачный раствор  $AgNO_3$ . Образует финилозазоны.

Если окислить концевую альдегидную группу, то можно получить мальтобионовую кислоту. При гидролизе этой кислоты получают D-глюкозу и D-глюконовую кислоту.

Мальтозу гидролизуют кислотами и ферментами  $\alpha$ -глюкозидазами (мальтазами). Фермент мальтаза входит в состав слюны, поджелудочного и кишечного сока, имеется в крови, печени и скелетных мышцах, встречается в дрожжах, бактериях, растениях. Фермент мальтаза, полученная из разного сырья, имеет различную активность и оптимальное pH при воздействии. Наиболее чистая мальтаза выделена из дрожжей ( $pH_{\text{опт}} 6,75-7,25$ ).

Мальтозу производят ферментативным гидролизом из крахмала. Мальтоза образуется в качестве промежуточного продукта в производстве спирта. Технология производства мальтозной патоки в стране отработана с помощью



30. Технологическая схема производства кристаллической мальтозы и высокомальтозной патоки

ячменного солода на Костромском, Пензенском, Казанском и Князевском крахмальных заводах. Технологическая схема производства мальтозы и высокомальтозной патоки из крахмала показана на рис. 30.

Для производства мальтозы и высокомальтозной патоки необходимо иметь ферменты:  $\beta$ -амилазу ( $\alpha$ -1,4-глюкан мальтогидролазу), декстриназу (олиго-1,6-глюкозидазу). Для получения мальтозы крахмал разбавляют водой до концентрации 15—35 % СВ, добавляют  $CaCl_2$  и  $NaCl$  (из расчета  $Ca^{++} - 150$ ,  $Cl^- - 300$  мг/кг), устанавливают pH 5,8—6,0 добавлением соляной кислоты. В суспензию вводят

бактериальную  $\alpha$ -амилазу (2000 ед/кг крахмала). При 88—92 °С в течение 30 мин производят ферментативное расщепление.

Фермент инактивируют при 140 °С в течение 10 мин. Гидролизат при 45—55 °С и рН 5,5—5,8 обрабатывают  $\beta$ -амилазой (100 ед/кг) и декстриназой (пуллулазой) (1600 ед/кг) в течение 40 ч. Образуется до 75 % мальтозы.

Суспензию фильтруют, очищают активным углем, доводят рН до 4,2 и при 55—60 °С вводят глюкоамилазу (160 ед/кг), выдерживают 4 ч. Фермент инактивируют кипячением. Гидролизат очищают углем, фильтруют, сгущают до 78 % СВ, охлаждают с 57 до 45 °С, кристаллизуют при 25—30 % затравки в виде готового утфеля от предыдущей кристаллизации или наличия 10 % кристаллов мальтозы.

Утфель охлаждают до 40—45 °С, центрифугируют. Кристаллы мальтозы высушивают до влажности 5—6 %, просеивают, взвешивают, упаковывают.

В США предложен способ производства высокоочищенной мальтозы (1981). Гидролиз крахмала осуществляют с помощью  $\beta$ -амилазы,  $\alpha$ -амилазы,  $\alpha$ -1,6-глюкозидазы.

На колоннах с гранулированным углем в микропорах более 25 Å задерживаются декстрины, а в микропорах менее 25 Å — олигосахариды. В сиропе остается 97 % мальтозы, 1—3 % мальтотриозы, 0,1 % глюкозы.

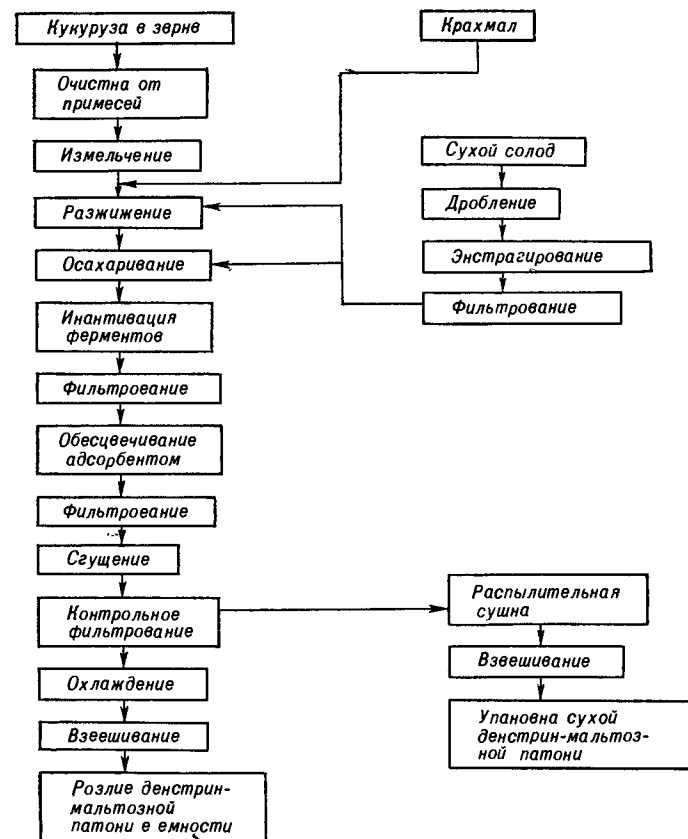
Описан способ очистки мальтозного раствора активным углем и 4—6 % органических растворителей (этанол или ацетон) при 50—60 °С. Степень чистоты мальтозы составила 98,5 % (68—69).

Производство мальтозы в нашей стране сдерживается из-за отсутствия некоторых иммобилизованных ферментов. Не определена потребность пищевых отраслей в мальтозе. А между тем мальтоза усваивается организмом без инсулина, не повышает содержание сахара в крови, что важно для страдающих диабетом, не вызывает кариес зубов.

### Декстрин-мальтозная и мальтозная патока

Крахмальная патока с повышенным содержанием мальтозы имеет высокую сладость и пониженную вязкость. Ранее декстрин-мальтозную патоку получали из картофельного или кукурузного крахмала или кукурузы с помощью ячменного солода, в котором содержался фермент  $\beta$ -амилаза.

Технология сводилась к следующему. Кукурузу после очистки от примесей измельчали на муку, размешивали с водой до концентрации 20—50 %. Лучше использовать не



31. Технологическая схема производства декстрин-мальтозной патоки с использованием ячменного солода

зерно, а крахмал. В разводном чане суспензию нагревали до 50 °С и в нее вводили 1/5 часть зеленого солода, полученного из промытого, дезинфицированного хлорной известью и пророщенного при 8—15 °С в течение 8—12 сут ячменя (рис. 31).

Суспензию медленно подогревали до 70—75 °С, выдерживали 15—30 мин, добавляли еще 1 % солода, нагревали до 80 °С и направляли на осахаривание под давлением 0,35 МПа. После этого суспензия поступала в заторный чан, куда заранее подавали остальную часть солода (6—7 % солода к массе муки).

В чане суспензию выдерживали при 60—65 °С до отсутствия качественной реакции на крахмал (капля иода не

дает синей окраски суспензии). Затор нагревали до 67 °С, а через 30 мин до 80 °С, фильтровали, осадок промывали.

Раствор сгущали на выпарной станции до 50—55 % СВ, очищали адсорбентом, фильтровали и окончательно уваривали в вакуум-аппарате до 78—79 % СВ. В качестве адсорбента применяют активный уголь марки ОУ-Б в количестве до 1 % к массе сухих веществ сиропа. Мальтозную патоку охлаждали до 45—50 °С, заливали в емкости. Общий расход солода по этой схеме составляет 8—10 % к массе муки (крахмала).

На подготовку солода тратилось значительное количество зерна. Солод содержал различные ферменты и примеси, что приводило к нежелательным ферментативным процессам, ухудшению качества продукта и повышенным потерям сухих веществ муки (крахмала).

Такая декстрин-мальтозная патока содержала до 50—55 % редуцирующих веществ (40—45 % мальтозы, до 50 % декстринов, около 10—15 % глюкозы). Сырьем для производства декстрин-мальтозной патоки в основном является картофельный крахмал.

НПО по крахмалопродуктам предложило вместо ячменного солода применять ферментный препарат амилоризин Г10х. Для гидролиза следует брать не кукурузную муку, а очищенный крахмал с доброкачественностью не менее 98 %. Разжижение крахмала производят кислотой или ферментами до содержания редуцирующих веществ около 18—22 %.

Ферментативный гидролиз осуществляют в течение 20—40 ч при 55 °С pH 5,0—5,5, дозировке амилоризина 0,01—0,03 % к массе сухого крахмала. Очистка и сгущение растворов происходит по описанным выше способам.

В патоке мальтозной содержится при этом 44—48 % редуцирующих веществ, 56,7—61,7 мальтозы, 6,8—7,8 глюкозы, 32,4—35,5 мальтотриозы и высших сахаров.

При переработке высокоамилозных крахмалов содержание мальтозы можно увеличить до 76,3 %, а редуцирующих веществ до 54,5 %.

Применение бактериальной  $\beta$ -амилазы на стадии осахаривания крахмала и бактериальной  $\alpha$ -амилазы на стадии разжижения позволяет повысить содержание мальтозы в патоке до 60 % и сбраживаемость сахаров дрожжами до 80 %.

Мальтозную патоку получают при воздействии на крахмал солодовой диастазы и пуллуланы из *Aerobacter aerogenes*. Осахаривание ведут 48 ч при 50 °С, pH 5—6,5 с добавкой бисульфита натрия. При этом расходуют 1,5 % к

массе сухого крахмала экстракта солода свободного от  $\alpha$ -амилазной активности и 2 ед. амилоглюкозидазы на 1 г крахмала.

В мальтозной патоке содержится 60—80 % мальтозы, 18—30 % мальтотриозы, 2,5 % глюкозы. До 90 % сахаров сбраживается. Мальтозную и декстрин-мальтозную патоку можно высушить до порошка на распылительных сушилках. При этом очищенный сироп с содержанием 55—60 % СВ высушивают при 160—180 °С и после сушки сразу охлаждают до 4—10 °С.

Мальтозная патока применяется для изготовления карамелей. Она малогигроскопична, замедляет кристаллизацию сахарозы и глюкозы в изделиях. Может применяться в производстве пива.

### Мальтодекстрины и мальтин

Мальтодекстрины — безвкусные пищевые продукты неполного гидролиза крахмала, содержащие в молекуле 5—10 глюкозных остатков, имеющие до 20 % редуцирующих веществ.

Мальтодекстрины получают путем ферментативного гидролиза суспензии крахмала концентрацией 25—30 % СВ при pH 6,3—6,5 55—60 °С бактериальной  $\beta$ -амилазой (амилосубтилин Г10х).

Фермент дозируют из расчета 0,5 ед. амилитической активности на 1 г крахмала. Температуру повышают до 85 °С и выдерживают 30 мин, затем повышают до 100 °С. Зерновые крахмалы обрабатывают при 130—140 °С в течение 5—10 мин.

В клейстеризованный крахмал при 85 °С дозируют фермент (0,2 ед. активности на 1 г крахмала) и выдерживают суспензию до получения заданного содержания редуцирующих веществ.

В зависимости от содержания редуцирующих веществ качество мальтодекстринов очень изменяется. При содержании 15 % редуцирующих веществ и выше появляется сладость и уменьшается вязкость.

Суспензию центрифугируют или фильтруют, очищают активным углем и ионообменными смолами, концентрируют, высушивают на распылительной сушилке.

В ГДР разработана технология производства нового мальтодекстрина — мальтина с использованием гидролиза бактериальной  $\alpha$ -амилазой и постепенным (1,5 °С в мин) нагревом суспензии от 59 до 90 °С, потом — до 100 °С (59). Скоагулированный белок отделяют на центрифугах, раствор высушивают.

Мальтин имеет следующие показатели: сухих веществ — 92—95 %, редуцирующих веществ — 92—95, углеводов — более 99, минеральных веществ — 0,2, протеина — менее 0,12 % к массе сухих веществ. Адсорбционная способность мальтина по влаге при 20 °С — 15—16 %, насыпная масса — 0,2 г/см<sup>3</sup>.

Мальтин используется в качестве наполнителя, формулирующего вещества, низкоэнергетической добавки в продукты. Он образует с водой гели, устойчивые к замораживанию и оттаиванию. Консистенция геля при 13—20 % СВ — «кашеобразная», при 20—25 % СВ — «пастообразная», при 30—50 % — «мармеладообразная». Гели могут быть прозрачными, с увеличенной прочностью при добавке альгината или пектината кальция.

Мальтин плавится подобно пищевым жирам. Поэтому в ряде продуктов жир можно частично заменить мальтином (уменьшить содержание жира в майонезе с 83 до 24 %, в мороженом с 10 до 6 %). При этом снижается и содержание сахара.

Мальтин обладает хорошими эмульсионными свойствами, дает вкусовую полноту в жидких пищевых продуктах, является антикристаллизатором сахаров и пеностабилизатором, снимает повышенную гигроскопичность и теплочувствительность пищевых порошков.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА САХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

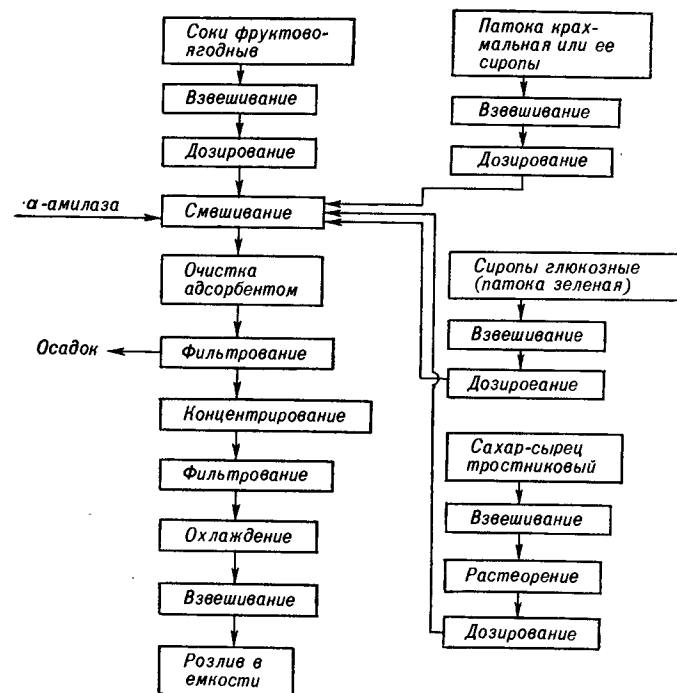
### САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА ФРУКТОВ И ЯГОД

Фрукты и ягоды содержат значительное количество глюкозы, фруктозы, иногда — и сахарозы. Они являются хорошим сырьем для производства концентрированных сахаристых веществ как в жидком, так и в сухом виде.

С учетом условий выращивания, урожайности, распространения, хранимости, переработки и экономической выгоды среди обилия видов фруктов и ягод, культивируемых и произрастающих в диком виде в СССР, следует выделить для промышленной переработки на сахаристые вещества следующее сырье: яблоки, груши, виноград, абрикосы.

При этом можно использовать пюре, соки с мякотью, осветленные натуральные, спиртованные или сульфитированные соки. Технологии производства указанных полуфабрикатов известны, широко применяются.

При концентрировании фруктовых и ягодных соков под



32. Технологическая схема производства фруктово-ягодных композиций: концентратов глюкозно-фруктозных и патоки

вакуумом в готовом продукте значительно нарастает цветность, разрушаются витамины, частично расщепляются под воздействием органических кислот сахара.

С целью повышения термоустойчивости соков при концентрировании, сохранения ряда биологически полезных веществ фруктов и ягод нами предложена технологическая схема производства фруктово-ягодных сахаристых веществ на основе комбинирования соков с крахмальными гидролизатами (патока крахмальная или ее сиропы, глюкозные растворы) и сахаром-сырцом тростниковым (рис. 32).

При этом получают две группы продуктов: патоки фруктово-ягодные (виноградную, яблочную, виноградно-яблочную, глюкозно-виноградную) и концентраты глюкозно-фруктозные (виноградный, яблочный, виноградно-яблочный), обогащенные сахарозой, глюкозой, мальтозой и декстринами, витаминами и пищевыми ароматизаторами.

Патоки фруктово-ягодные получают путем совместной очистки натуральных или сульфитированных соков и сиро-

пов патоки крахмальной в количествах соответственно 50—80 и 20—50 % в пересчете на безводные к массе сухих веществ готового продукта.

Концентраты глюкозно-фруктозные получают путем совместной очистки натуральных, спиртованных или сульфитированных соков и патоки крахмальной (или ее сиропов), глюкозных растворов, сахара-сырца тростникового в количествах 50—60 % соков и 40—60 % сахаристых добавок в пересчете на безводные к массе сухих веществ готового продукта.

Смесь соков и сахаристых добавок перемешивают при 30—60 °С, вводят до 1 % к массе сухих веществ активного угля ОУ-Б, расчетное количество мела для понижения кислотности, фермента (пектолитического и глюкоамилазного), выдерживают в зависимости от качества сока от 0,5 до 2 ч. Затем в смесь вводят желатин и бетонит в количествах 0,01—0,03 % к массе сухих веществ.

Суспензию фильтруют через фильтрокартон или фильтровальную ткань с предварительно намытой фильтрующей присадкой (перлит, кизельгур, целлюлоза). Фильтрат сгущают под вакуумом до 68 % ± 1 для пиво-безалкогольной и хлебопекарной отраслей и до 78—80 % для кондитерской, консервной отраслей пищевой промышленности и розничной торговли. Смеси с сульфитированными соками рекомендуется уваривать под углубленным вакуумом до  $1,4 \cdot 10^4$  —  $2,1 \cdot 10^4$  н/м<sup>2</sup> в течение 2,5—3 ч. При этом удаётся снизить содержание диоксида серы с 700÷900 мг/кг в соках до 20—50 мг/кг в готовом продукте. Такая продукция пригодна не только для промпереработки, но и для непосредственного употребления в пищу.

Фруктово-ягодные композиции представляют собой сиропообразные, однородные, текучие, вязкие жидкости от желтого или светло-коричневого до темно-красного цвета, с приятным сладким или кисло-сладким вкусом. Физико-химические свойства патоки фруктово-ягодных показаны в табл. 33, а концентратов глюкозно-фруктозных в табл. 34.

В патоках и концентратах фруктово-ягодных допускается следующее содержание тяжелых металлов (%): олова — 0,02, меди — 0,0005. Содержание свободных минеральных веществ, соединений ртути, свинца и мышьяка не допускается. Допускается общее количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КОЕ) в 1 г продукта не более  $5 \cdot 10^4$ .

Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии рода сальмонеллы, а также коагулазоположительные стафилококки в 25 г продукта не допускаются.

### 33. Физико-химические показатели патоки фруктово-ягодных

Показатели	Норма
Массовая доля сухих веществ, %	78±1
Массовая доля редуцирующих веществ, % по массе сухих веществ, не более	50
Массовая доля фруктозы, % по массе сухих веществ, не менее	8
Массовая доля золы, %, не более	0,5
Содержание диоксида серы, мг/кг, не более	50
Растворимость 20 г продукта в 100 г воды при температуре не менее 20 °С	Полная
Кислотность титруемая, в мл 0,1 н раствора NaOH на 100 г сухих веществ, не более	15
Кислотность активная (рН)	4,5—5,0
Температура карамельной пробы, °С, не менее	140

### 34. Физико-химические показатели концентратов глюкозно-фруктозных, фруктово-ягодных

Показатели	Норма
Массовая доля сухих веществ, %	68±1
* Содержание глюкозы, % по массе сухих веществ	40—60
Содержание фруктозы, % по массе сухих веществ	30—45
** Содержание сахарозы, % по массе сухих веществ, не более	20
*** Содержание декстринов, % по массе сухих веществ, не более	7
*** Содержание мальтозы, % по массе сухих веществ, не более	7
Растворимость 20 г продукта в 100 г воды при температуре не ниже 20 °С	Полная
Кислотность титруемая в пересчете на лимонную кислоту, г/100 г СВ	1,5—3

#### Примечание:

\* Повышенное до 60 % содержание глюкозы в концентратах получают при добавлении глюкозных сиропов (зеленой патоки).

\*\* Повышенное до 20 % содержание сахарозы в концентратах получают растварением в соках до 20—30 % сахара-сырца тростникового.

\*\*\* Содержание в концентратах мальтозы и декстринов до 7 % обусловлено введением в сок патоки крахмальной или ее сиропов.

Физико-химические показатели концентратов глюкозно-фруктозных виноградного, яблочного, виноградно-яблочного и грушево-яблочного для кондитерской промышленности отличаются от норм таблицы 34 массовой долей сухих веществ — они установлены 78—80 %. Для кондитерской и хлебопекарной промышленности может уменьшаться кислотность по их требованию до 15 мл 0,1 н раствора NaOH на 100 г СВ.

Для розничной торговли концентраты глюкозно-фруктозные вырабатывают с массовой долей сухих веществ 80—82 %, с содержанием до 20 мг на 100 г СВ аскорбиновой кислоты (витамина С), с пищевыми ароматизаторами и не содержащие диоксида серы. Концентраты для населения вырабатывают из натуральных или спиртованных соков, расфасованные в герметическую стеклянную тару.

Ароматизация концентратов для розничной торговли может осуществляться следующим способом. Траву-ароматизатор (донник, мята) или цветки (липы, розы, ромашки) заливают сиропом 30—40 % СВ в соотношении трава (цветки) : сироп равном от 1 : 5 до 1 : 10, настаивают 1—3 ч при 20—50 °С, фильтруют. Осадок промывают свежим сиропом (соком), водой и удаляют из производства. Ароматизированный сироп добавляют в композицию фруктово-ягодную в количестве от 5 до 10 % к массе композиции.

Концентраты глюкозно-фруктозные могут вырабатываться из соков с мякотью и пюре как в жидком, так и сухом (гранулированном) виде. Однако, при этом растворимость их в воде может быть неполная за счет образования осадка фруктово-ягодной мезги.

Порошкообразные или гранулированные концентраты глюкозно-фруктозные получают путем сублимационной или распылительной сушки смесей, измельчением, просеиванием сухой массы. При распылительной сушке продукт целесообразно напылять на носитель (глюкозу, сахарозу, мальтин и др.) и на выходе из зоны высушивания охлаждать до 4—7 °С. Дальнейшую обработку и упаковку производят без доступа воздуха.

Концентраты глюкозно-фруктозные в сухом виде, приготовленные из пюреобразных полуфабрикатов, содержат значительное количество пектиновых веществ, минеральных и других полезных веществ сырья (антоцианы, флавоноиды, витамины) и могут использоваться в качестве сахаросодержащего, водоотнимающего, частично железирующего, вкусового и структурирующего средства в ряде пищевых отраслей.

#### САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА СОРГО САХАРНОГО

В 1954 г. ЦИНСом была предложена технология переработки сорго сахарного на сахар. Предусматривалось стебли сорго измельчать, сахарозу экстрагировать горячей водой, сок очищать на дефекационной, фильтровать, сгущать на выпарной станции, уваривать утфель в вакуум-

аппаратах, выдерживать его в кристаллизаторах, центрифугировать, сахар высушивать.

При доброкачественности сока 80 % (СВ 16 %, Сах 10,24 %) из 100 кг стеблей можно получить 5 кг кристаллов сахара и 4,3 кг сахарозы вывести с патокой (мелассой). Выход кристаллов сахарозы к общему выходу сахара из стеблей сорго достигает 48,8 %. Потери сахарозы составят 0,96 кг.

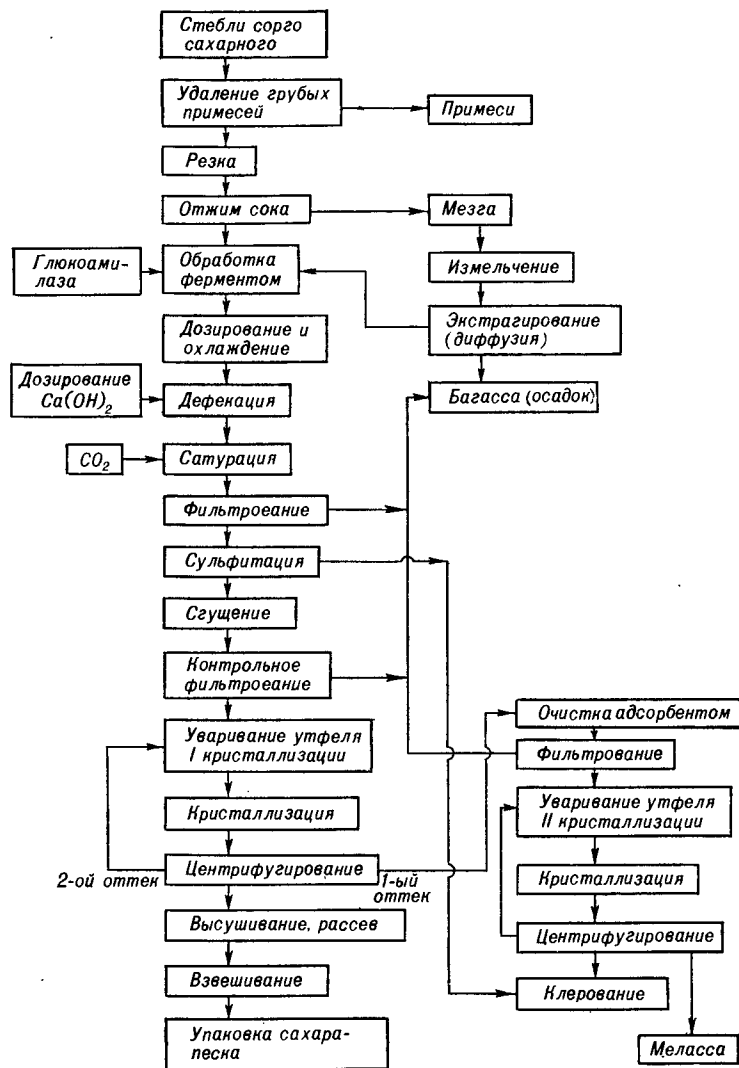
По данным итальянских ученых выход сахара из сорго составлял 46 %. Стебли сорго измельчали до кусочков размером не более 10 мм, экстрагировали сахара и сопутствующие водорастворимые вещества горячей водой с температурой 60—65 °С. Кусочки повторно измельчали и прессовали. Осаждение несахаров лимонной кислотой и известью, путем двойного сатурирования соков не давало хороших результатов. Поэтому сок очищали на дефекационной при 50 °С и рН 7,5. Фильтрованный сок сгущали в выпарном аппарате до 70 % сухих веществ при 115—118 °С. Утфель уваривали в вакуум-аппарате и выдерживали его в мешалке-кристаллизаторе при температуре, обеспечивающей равномерный рост кристаллов сахарозы (пересыщение 1,1—1,3). Затем утфель центрифугировали, кристаллы сахара промывали, высушивали. Остатки в патоке сахарозы и редуцирующие сахара целесообразно сбраживать и получать этиловый спирт.

Предусматривалось два варианта технологических схем переработки сорго сахарного: комбинированием с производством сахарозы из сахарной свеклы и отдельно. В США в 1982 г. работало четыре завода по переработке сорго на сахаросодержащий сироп. Кристаллическую сахарозу получить не удалось. На рис. 33, 34 показаны два возможных перспективных варианта переработки сорго сахарного на сахаристые вещества.

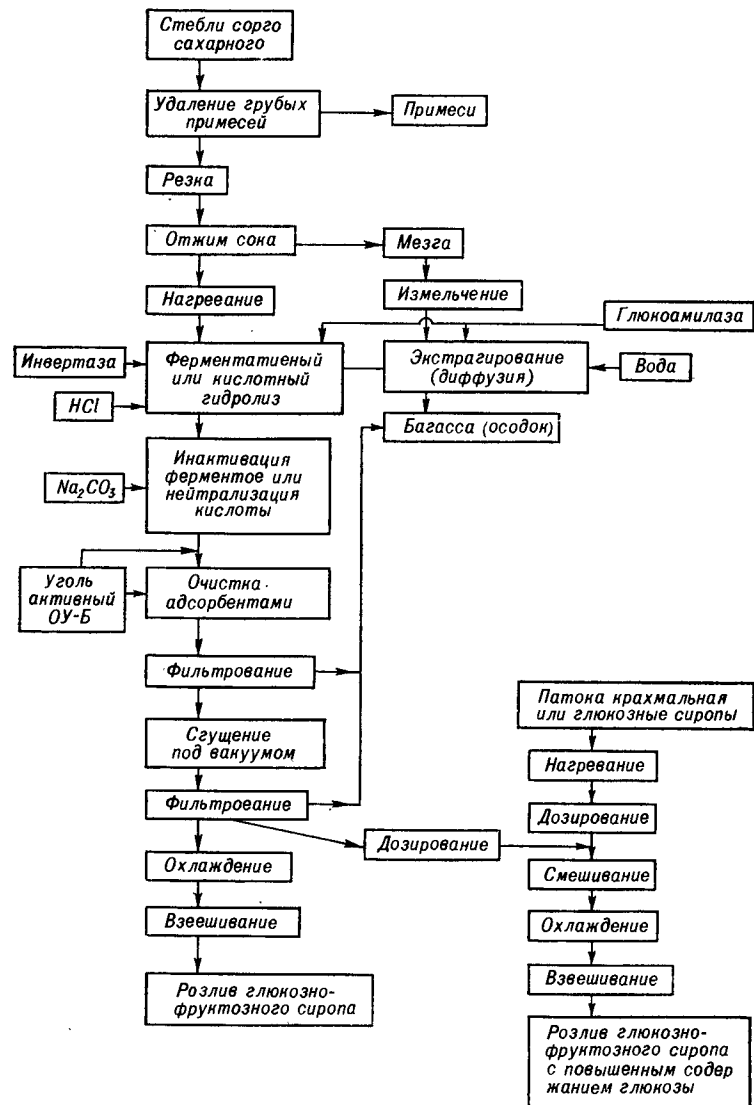
По первому варианту сахар-песок получают путем резки стеблей на кусочки 5—10 мм, отжима сока на прессах, повторного измельчения мезги до размера 1—3 мм, экстрагирования сахаров горячей водой (60—70 °С). В смесь отжатого и диффузионного соков вводят 0,05 % к массе сухих веществ амилазных ферментов типа  $\alpha$ -амилазы, глюкоамилазы для расщепления крахмала, ди-, трисахаридов. Сок дозируют, охлаждают до 20—30 °С и вводят известковое молоко.

Осуществляют холодную дефекацию и сатурацию. Сок отфильтровывают от осадка  $\text{CaCO}_3$ , сульфитуют до рН 5,5—6,5, сгущают на выпарной станции, работающей под вакуумом, до 65—70 % сухих веществ, фильтруют.





Утфель I кристаллизации уваривают в вакуум-аппаратах из сиропа после выпарки, клеровки сахара II кристаллизации и второго (белого) оттека, полученного при центрифугировании утфеля I кристаллизации. В связи с повышенным содержанием в утфеле глюкозы и фруктозы со-



34. Технологическая схема производства глюкозно-фруктозных сиропов из сорго сахарного

держание сухих веществ в утфеле рекомендуется поддерживать на уровне 92—94 %. Утфель выдерживают в кристаллизаторах при перемешивании и охлаждении до 50 °С несколько часов, затем центрифугируют. Кристаллы промытые охлажденным до 4—10 °С дистиллятом.

Первый межкристальный оттек (зеленая патока) уваривают совместно со вторым оттеком от центрифугирования утфеля II кристаллизации до 93—95 % сухих веществ. Утфель II кристаллизации выдерживают в кристаллизаторах, центрифугируют. Кристаллы растворяют в сульфитированном соке и вводят в основной сироп после выпарной станции. Мелассу с содержанием 60—65 % сухих веществ и доброкачественностью около 50 % используют на производство этилового спирта.

По второму варианту в смесь отжатого и диффузионного соков вводят ферменты глюкоамилазу и инвертазу для расщепления крахмала и сахарозы. При этом выдерживают pH 4,5—5,5, температуру 50 °С.

Вместо ферментов можно осуществлять гидролиз с помощью соляной кислоты (pH смеси 1,7—1,9). В течение 20—30 мин и 100 °С практически вся сахароза расщепляется до глюкозы и фруктозы, а при pH 1 этот же эффект достигается за 10 мин.

В случае кислотного гидролиза кислоту нейтрализуют 15—20 %-ным раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Соки очищают активным углем ОУ-Б (1 % к массе сухих веществ), фильтруют, сгущают под вакуумом до 65—70 % сухих веществ для промышленности безалкогольных напитков и до 78—82 % для кондитерской промышленности и розничной торговли. Глюкозно-фруктозный сироп фильтруют, охлаждают до 40—50 °С, взвешивают, разливают в емкости.

Глюкозно-фруктозный сироп, полученный из сорго сахарного по описанной технологической схеме, может содержать 40—60 % глюкозы и 30—40 % фруктозы к массе сухих веществ. Если из сорго получать сиропы без гидролиза соков, то в сиропе будет повышенное содержание сахарозы (до 70 %) и возникнет опасность кристаллообразования при хранении.

Для обогащения сиропов глюкозой, повышения их термостойкости, предотвращения кристаллизации глюкозы и сахарозы рекомендуется вводить 10—30 % патоки крахмальной (или ее сиропов, глюкозной зеленой патоки). Высокоглюкозные сиропы, полученные из сорго, могут хорошо комбинироваться с фруктово-ягодными концентратами и повышать взаимную устойчивость при хранении.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Химия и обеспечение человечества пищей: Пер. с англ. / Под ред. Л. Шимилта — М.: Мир, 1986. — 616 с.
2. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. — М.: Агропромиздат, 1986. — 431 с.
3. Технология сахара / Под ред. П. М. Силина. — М.: Пищепромиздат, 1958. — 468 с.
4. Технология свеклосахарного производства / Под ред. Р. А. МакДжинниса. — М.: Пищепромиздат, 1958. — 483 с.
5. Хелемский М. З. Технологические качества сахарной свеклы. — М.: Пищ. пром-сть, 1973. — 249 с.
6. Cerny M., Ztschr. Zuckerind. Böhmen und Mähren, 1942, 179; ref in Centraebe. Zuckerind. 50, 241 (1942).
7. Хелемский М. З., Пельц М. Л., Сапожникова И. Р. Биохимия в свеклосахарном производстве. — М.: Пищ. пром-сть, 1977. — 200 с.
8. Хелемский М. З. Приемка и хранение сахарной свеклы. — М.: Пищ. пром-сть, 1980. — 96 с.
9. Устищенко Г. В., Белюченко И. С. Тропические пропашные культуры. — М., 1966. — 230 с.
10. Справочник сахарника / Под ред. И. П. Лепешкина. — М.: Пищепромиздат, 1963. — Т. I. — 686 с.
11. Ипатьев А. Н. Овощные растения земного шара. — Минск: Вышэйш. шк., 1966. — 354 с.
12. Шмалько В. С. Технология сельскохозяйственных продуктов. — М., 1962. — 436 с.
13. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных продуктов. — М.: Колос, 1980. — 489 с.
14. Томмэ М. Ф. Корма СССР. — М.: Колос, 1964. — 429 с.
15. Справочник картофелевода. — К.: Урожай, 1975. — 207 с.
16. Панников В. Д., Минеев В. Г. Почва, климат, удобрение и урожай. — М.: Колос, 1977. — 409 с.
17. Товароведение зерна / В. С. Смирнов, А. Н. Рукусуев, А. В. Мясникова, Д. П. Изергин. — М., 1954. — 280 с.
18. Химия и технология крахмала / Под ред. Р. Л. Унстлера и Э. Ф. Пашаля. — М.: Пищ. пром-сть, 1975. — 363 с.
19. Вольпер И. Н. Продукты из кукурузы и их пищевая ценность. — М.: Пищепромиздат, 1963. — 85 с.
20. Химия и технология крахмала / Под ред. Р. Е. Керра. — М.: Пищепромиздат, 1956. — 565 с.
21. Костенко В. Г., Овчинников А. Е., Горбатов В. М. Производство крахмала. — М.: Пищ. пром-сть, 1975. — 203 с.
22. Филиппова Н. И. Технологическая оценка перспективных сортов зернового сорго как сырья для производства крахмала: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1974. — 24 с.
23. Наумов Н. А. Болезни сельскохозяйственных растений. — М.; Л., 1952. — 631 с.
24. Бертон В. Картофель. — М.: Изд-во иностр. лит., 1952. — 244 с.
25. Большая Советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1973. — Т. 13. — С. 500—623.
26. Там же. — 1975. Т. 21. — С. 639.
27. Там же. 1976. Т. 24. — С. 606—607.

28. *Роминский У. Р.* Фруктоза та інулін.— К.: Изд-во АН УССР, 1959.— 139 с.
29. Основы биохимии /Под ред. проф. А. А. Анисимова.— М.: Высш. шк., 1986.— 346 с.
30. *Елинов Н. П.* Химия микробных полисахаридов.— М.: Высш. шк., 1984.— 51 с.
31. Краткая химическая энциклопедия.— М., Госнаучиздат, 1963.— Т. 2.— С. 760—762.
32. *Кочетков Н. К.* Химия углеводов.— М.: Химия, 1964.— 636 с.
33. Краткая химическая энциклопедия.— М.: Госнаучиздат, 1963.— Т. 5.— С. 780—790.
34. *Krisman C. R., Barendo R., Europ J. Biochem.*, 52, 117 (1975).
35. *Whelan W., Trends in Biochem. Sci.*, 1, 13 (1976).
36. *Lazarov A. Apat. Res.*, 84, 31 (1942).
37. *Степаненко Б. Н.* Химия и биохимия углеводов (полисахариды).— М.: Высш. шк., 1968.— 247 с.
38. Прикладная биохимическая микробиология /Б. Н. Степаненко, Р. А. Баксова, В. Д. Щербухин, К. Довлетмуратов.— М.: Высш. шк., 1975.— Т. 3.— 39 с.
39. *Шобингер У.* Плодово-ягодные и овощные соки.— М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982.— 14 с.
40. Инструкция по приемке, хранению и учету сахарной свеклы /ВНИИСП.— М., 1984.— 8—30 с.
41. Инструкция по ведению технологического процесса свеклосахарного производства /ВНИИСП.— М., 1983.— 10—60 с.
42. Инструкция по ведению технологического процесса сахаро-рафинадного производства /ВНИИСП.— К., 1984.— 12—47 с.
43. Производство и потребление жидкого сахара /С. А. Бренман, В. Л. Марьянчик, Н. С. Иволга, В. С. Ковальчук.— М.: Пищ. пром-сть, 1984.— 20 с.
44. Хранение и переработка сахара-сырца /А. Ф. Заборсин, Н. В. Костенко, С. А. Бренман, Х. Лодос Фернандес.— М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983.— 36 с.
45. *Сапронов А. Р., Колчева Р. А.* Красящие вещества и их влияние на качество сахара.— М.: Пищ. пром-сть, 1975.— 346 с.
46. Результаты изучения причин нарастания цветности тростникового сахара-сырца при хранении /А. Ф. Заборсин, Н. В. Костенко, С. А. Бренман и др. // Тр. ВНИИСП.— К., 1975.— Вып. 24.— С. 91—109.
47. Сульфитация в свеклосахарном производстве /Л. Д. Бобровник, А. Р. Сапронов, В. З. Семенов и др.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1973.— 39 с.
48. *Муро М.* Влияние условий длительного хранения на изменение технологических показателей тростникового сахара-сырца: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— М., 1976.— 31 с.
49. *Бренман С. А., Лыськова О. В.* Экономическая эффективность различных форм организации переработки тростникового сахара-сырца // Сах. пром-сть.— 1981.— № 6.— С. 37—41.
50. *Кравченко С. Ф.* Исследования в области производства крахмалопродуктов из кукурузы: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.— М., 1970.— 40 с.
51. Производство кристаллической глюкозы из крахмала /Е. Я. Жарова, Т. А. Ладур, А. А. Малыжев, Г. Г. Шамборант.— М.: Пищ. пром-сть, 1967.— С. 151.
52. *Ладур Т. А.* Новое в технике и технологии производства сахаристых крахмалопродуктов и их применение в СССР и за рубежом.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1983.— 40 с.
53. *Гулюк Н. Г.* Пути рационализации процессов очистки продуктов глюкозного производства: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Краснодар, 1968.— 14 с.
54. *Петрушевский В. В.* Исследование процесса кристаллизации гидратной глюкозы и разработка способа непрерывной кристаллизации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— К., 1970.— 60 с.
55. *Бондарь Е. Г.* Исследование процессов накопления и удаления красящих веществ в производстве гидратной глюкозы и разработка технологической схемы ее получения с применением аффинации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— К., 1972.— 30 с.
56. *Голчак Н. Я.* Исследование и разработка нового способа кристаллизации гидратной кристаллической и медицинской глюкозы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— К., 1980.— 25 с.
57. *Ралль С. Ф.* Производство пищевой глюкозы и кристаллизация как основной процесс ее получения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— М., 1946.— 11 с.
58. Подсластители ЭВНИИСЭ КТИ // Микробиол. пром-сть, 1986. Вып. 18.
59. Крахмал и крахмалопродукты /Н. Г. Гулюк, А. И. Жушман, Т. А. Ладур, Е. А. Штыркова.— М.: Агропромиздат, 1985.— 233 с.
60. Краткая химическая энциклопедия.— М.: Сов. энцикл., 1967.— Т. 5.— 567 с.
61. *Teague I. R., Arnold E. C.* Vop Technology for the Production of Fructose Sweeteners Sugar у Arucar, 1983, N 8, С. 18—23.
62. *Бармаш А. П.* Углеводно-фосфатные соединения и ферменты углеводного обмена в ткани лактирующей молочной железы // Биохимия.— М., 1962.— Вып. 2.— 30 с.
63. *Acearsi C. A., Zama F.* Сорго и его промышленная переработка в сахар и спирт. *Industrie Alimentari.*— 1985.— № 4.— С. 361—370.
64. *Хелемский М. З., Кряквина С. П.* Еще раз о сахарном сорго // Сах. пром-сть.— 1987.— № 9.— С. 400—410.
65. *Ладур Т. А.* Основные направления производства глюкозно-фруктозных сиропов в СССР и за рубежом.— М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. Сер. 19. Вып. 1—30 с.
66. *Ладур Т. А., Пучкова Т. С.* Глюкозно-фруктозный сироп — новый сахарозаменитель. // Сах. пром-ть.— 1983.— № 9.— С. 53—54.
67. Химический состав пищевых продуктов: Справочник /Под ред. И. М. Скурнихина.— М.: Агропромиздат, 1987.— Кн. I.— С. 1127.
68. *Ананских В. В.* Получение гранулированных продуктов и изучение их свойств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— М., 1984.— 40.
69. *Росивал Л., Энгст Р., Соколай А.* Посторонние вещества и пищевые добавки в продуктах.— М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982.— 253 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> . . . . .	3
<b>Сырье для производства сахаристых веществ</b> . . . . .	4
Сахарозосодержащее сырье . . . . .	4
Сахарная свекла . . . . .	4
Крахмалосодержащее сырье . . . . .	10
Картофель . . . . .	11
Кукуруза . . . . .	17
Сорго . . . . .	24
Инулинсодержащее сырье . . . . .	27
Топинамбур . . . . .	27
Георгина . . . . .	28
Полисахариды . . . . .	29
Крахмал . . . . .	31
Инулин . . . . .	36
<b>Технология производства сахаристых веществ. Физико-химические свойства и применение</b> . . . . .	40
Сахарозосодержащие сахаристые вещества . . . . .	40
Сахар-песок . . . . .	40
Сахар-рафинад . . . . .	72
Сахар жидкий . . . . .	87
Переработка сахара-сырца тростникового . . . . .	92
Глюкозосодержащие сахаристые вещества . . . . .	101
Глюкоза кристаллическая гидратная . . . . .	101
Глюкоза кристаллическая гидратная медицинская . . . . .	109
Глюкоза кристаллическая ангидридная . . . . .	112
Глюкоза кристаллическая пищевая . . . . .	113
Глюкоза пищевая гранулированная . . . . .	116
Патока крахмальная . . . . .	118
Фруктозосодержащие сахаристые вещества . . . . .	125
Фруктоза кристаллическая . . . . .	125
Фруктоза кристаллическая медицинская . . . . .	133
Глюкозно-фруктозные сиропы . . . . .	133
Применение фруктозы и глюкозно-фруктозных сиропов . . . . .	144
Мальтозосодержащие сахаристые вещества . . . . .	148
Мальтоза кристаллическая . . . . .	148
Декстрин-мальтозная и мальтозная патока . . . . .	150
Мальтодекстрины и мальтин . . . . .	153
<b>Перспективные технологии производства сахаристых веществ</b> . . . . .	154
Сахаристые вещества фруктов и ягод . . . . .	154
Сахаристые вещества сорго сахарного . . . . .	158
<b>Библиографический список</b> . . . . .	163

*Производственное издание*

**Петрушевский Вячеслав Витальевич**  
**Бондарь Евгений Григорьевич**  
**Винокурова Елена Вячеславовна**

### ПРОИЗВОДСТВО САХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Зав. редакцией *Р. Ф. Клименко*  
 Редактор *П. Ф. Сытник*

Художник

Художественный редактор *А. В. Мокиенко*

Технический редактор *Л. И. Гаркавенко*

Корректоры *В. Г. Свиницкая, Т. М. Шморгун*

ИБ № 4148

Сдано в набор 01.12.88. Подписано к печати 13.03.89. БФ 04043. Формат 84×108/32. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать вы-  
 сокая. Усл. печ. л. 8,82. Усл. кр.-отт. 9,04. Уч.-изд. л. 10,04. Тираж 1800 экз.  
 Заказ № 535. Цена 75 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Урожай»,  
 252035, Киев-35, ул. Урицкого, 45.  
 Белоцерковская книжная фабрика,  
 256400, Белая Церковь, ул. Карла Маркса, 4.

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

В издательстве «Урожай» в 1990 г. выйдет в свет новая книга:

Мицык В. Е., Невольниченко А. Ф. Увеличение сырьевых ресурсов для производства мясных продуктов. 10 л.— Яз. рус. 1 р. 30 к.

Изложены вопросы использования парного и ферментативного мяса, субпродуктов, белковых добавок для производства полуфабрикатов и мясопродуктов.

Книга рассчитана на работников мясоперерабатывающих предприятий.

Получить подробную информацию о литературе издательства «Урожай», а также предварительно заказать и приобрести ее после выхода в свет можно в магазинах — опорных пунктах издательства:

320044, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 1, магазин

№ 17;

330000, г. Запорожье, пр. Ленина, 38, магазин № 35;

252127, г. Киев, пр. 40-летия Октября, 128, магазин № 47;

314601, г. Полтава, ул. Гоголя, 19, магазин № 16 (универсальный);

325026, г. Херсон, пр. Ушакова, 64, магазин № 5;

257000, г. Черкассы, ул. Урицкого, 200, магазин «Дом книги», отдел № 2, а также в магазине «Книга — почтой» (252117, Киев-117, ул. Попудренко, 32).