

**Лекция 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
АЛКОГОЛЬНОЙ, СЛАБОУАКОГОЛЬНОЙ И  
БЕЗААКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ (4 часа)**

**План:**

1. Научные основы производства различных видов винно-коньячной продукции.
2. Применение ферментных препаратов при производстве напитков из растительного сырья.
3. Пивоварение: несоложеное сырье, фильтрация и стабилизация пива.
4. Производство вин, соков, газированных напитков: мацерация, осветление, стабилизация, фильтрация, производство соков с мякотью.
5. Спиртовая промышленность: конверсия сырья, рост дрожжей, увеличение выхода спирта.

**1. Научные основы производства различных видов винно-коньячной продукции.**

**Игристые вина.**

При производстве игристых вин протекают сложные биохимические и физико-химические процессы, которые были исследованы в основном советскими учеными. В итоге этих исследований были созданы научные основы производства игристых вин. Начало теоретическим разработкам было положено Г. Г. Агабальянцем, который в 1940 г. предложил теорию шампанизации, и А. И. Опариным, изучившим в 1943-1945 гг. механизм биохимических процессов, происходящих при бутылочной шампанизации. В дальнейшем эти работы были продолжены и развиты в трудах А. А. Мержаниана, Н. М. Сисакяна, А. К. Родопуло, И. А. Егорова, Е. Н. Датунашвили, Н. Г. Сарисвили и др. Сформировалось 2 направления в теории производства игристых вин: физико-химическое и биохимическое, что и определило пути развития технологии вин этого типа.

Специфической особенностью игристых вин является наличие в них большого количества диоксида углерода, который при вскрытии бутылки обуславливает выстрел, проявление игристости и пенистости. В отличие от газированных вин в игристых винах, по теории Г. Г. Агабальянца, наряду с растворенным  $\text{CO}_2$  содержатся "связанные" формы диоксида углерода, которые, медленно разрушаясь при снятии давления, обуславливают удлинённый процесс газовыделения, тонкую и длительную "игру", продолжительное сохранение над вином небольшого объема пены. Важное значение в формировании игристых и пенистых свойств вин имеют физико-химические свойства виноматериалов, особенности процесса шампанизации, концентрация различных и особенно связанных форм диоксида углерода.

#### **Физико-химические свойства виноматериалов для игристых вин**

Формирование специфических качеств игристых вин определяется физико-химическими свойствами (показателями) исходных материалов: поглощательной способностью вина к  $\text{CO}_2$ , сопротивлением вина выделению углекислоты, пенообразующими свойствами виноматериалов, поверхностным натяжением вина, смачиванием вином твердых поверхностей, вязкостью вина.

*Поглотительная способность вина к  $\text{CO}_2$*  - показатель, отражающий способность растворения  $\text{CO}_2$  в вине определенного состава при заданной температуре. Обычно характеризуется коэффициентом абсорбции Бунзена, выражающим объем  $\text{CO}_2$ , приведенный к нормальным условиям, абсорбируемый единицей объема вина при данных температуре и барометрическом давлении.

Поглотительная способность вина к  $\text{CO}_2$  уменьшается с повышением температуры выдержки и содержания в вине спирта и экстракта. Растворимость диоксида углерода в вине при повышении давления не зависит от величины поглотительной способности к  $\text{CO}_2$ . Виноматериалы с повышенным содержанием сахара характеризуются небольшой поглотительной способностью к углекислоте.

Повышение в вине концентрации дрожжевых клеток увеличивает его поглотительную способность к  $\text{CO}_2$ . Адсорбирующая способность дрожжей определяется главным образом структурой образующихся при брожении осадков. В результате различной эффективной адсорбционной поверхности мелкодисперсные и пылевидные осадки, состоящие из разрозненных клеток дрожжей, адсорбируют большее количество  $\text{CO}_2$  (приблизительно 0,1 г/г), чем зернистые крупноагрегированные осадки (около 0,0006 г/г) [55].

Величины поглотительной способности вина к  $\text{CO}_2$  используются в технологических расчетах концентрации  $\text{CO}_2$  для вторичного брожения.

*Сопротивление вина выделению углекислоты* - величина, характеризующая способность вина выделять с определенной скоростью растворенный в нем диоксид углерода. Сопротивление вина выделению углекислоты характеризуется отношением объема  $\text{CO}_2$ , выделившегося из водного раствора этилового спирта (11% об.), к объему  $\text{CO}_2$ , выделившегося из испытуемого вина. Игристые свойства вина непосредственно связаны с его достаточно высоким сопротивлением выделению углекислоты.

Из факторов, оказывающих влияние на скорость десорбции  $\text{CO}_2$  из вина, главную роль играют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Максимальная скорость десорбции  $\text{CO}_2$  из вина лежит в диапазонах обычного содержания спирта в игристых винах: 11,5 ÷ 12,0% об. Содержащиеся в вине в определенных концентрациях ПАВ, такие, как высшие спирты, многоосновные кислоты, аминокислоты, альдегиды алифатического и фуранового ряда, эфиры уксусной кислоты, образуют жидкие адсорбционные слои. Увеличивая толщину диффузионной пленки на поверхности газового пузырька, они препятствуют десорбции  $\text{CO}_2$ . ПАВ, образующие структурированные адсорбционные слои, в концентрациях, характерных для шампанских винома-териалов, оказывают незначительное влияние на величину сопротивления вина выделению углекислоты. Игристые вина лучше удерживают углекислоту, чем исходные вино-материалы, что связано с дополнительным обогащением их ПАВ в процессе вторичного брожения. Красные вина имеют более

высокое сопротивление выделению углекислоты, чем белые, что обусловлено повышенным содержанием в них экстрактивных веществ.

*Пенообразующие свойства виноматериалов* характеризуются двумя основными показателями: устойчивостью (продолжительностью периода разрушения пены в результате коалесценции) и дисперсностью (средним размером пузырьков пены и средней толщиной пленок).

Устойчивость пены зависит от прочности пленки пузырьков, стабилизируемой поверхностно-активными веществами молекулярно растворимой и коллоидной природы. Стабилизирующее действие молекулярно растворимых ПАВ обусловлено местной разностью величин поверхностного натяжения пленки, возникающей в пузырьке при стекании жидкости, что препятствует утолщению пленки и замедляет ее разрыв.

Гелеобразно структурированные слои обладают в 100-300 раз большей прочностью, чем "жидкие" адсорбционные слои ПАВ молекулярно растворимой природы. Сильная стабилизация пены гидрофильными коллоидами объясняется способностью их образовывать адсорбционные слои с механическими свойствами квазитвердого тела.

При достижении насыщения адсорбционных слоев как молекулярно растворимыми, так и гидрофильными коллоидами их стабилизирующее действие уменьшается вследствие снижения подвижности структур и способности восстановления разрывов адсорбционного слоя. Присутствие в игристых винах ПАВ с различным механизмом молекулярного действия может за счет стабилизирующего или сенсibiliзирующего действия друг на друга приводить к усилению или ослаблению пенообразования.

На устойчивость и дисперсность пены оказывает влияние скорость выделения  $\text{CO}_2$ . При более быстром выделении образуются менее прочные пленки, которые легко коалесцируют.

Агрегативная устойчивость пены обычно характеризуется временем существования ее единичного объема или столба.

К наиболее важным стабилизаторам пены относятся следующие компоненты вина: азотистые соединения, альдегиды, высшие спирты. Повышение дисперсности и устойчивости пены наблюдается с увеличением в вине концентрации этанола, молочной кислоты, глицерина, танина, желатина, казеина.

Увеличение стабильности пены при повышении в вине концентрации общего и аминного азота обусловлено способностью продуктов взаимодействия азотистых и фенольных веществ давать адсорбционные слои с высокими упругопластичными свойствами. Устойчивость пены с увеличением спиртуозности вина до 15,5% об. возрастает, а затем снижается, тогда как увеличение концентрации высших спиртов даже до уровня, превышающего их предельное содержание в вине, способствует дальнейшему повышению устойчивости пены.

Виноматериалы для игристых вин отличаются, как правило, более высокой пенообразующей способностью, чем купажи. Сорт виноматериала и его происхождение оказывают существенное влияние на пенообразующие свойства. Повышенной экстрактивностью объясняется образование более устойчивой пены в красных виноматериалах и винах по сравнению с белыми.

*Поверхностное натяжение* - показатель свободной поверхностной энергии вина, возникающей вследствие неуравновешенности межмолекулярных сил притяжения в поверхностном слое и определяющей стремление жидкости принять наименьшую площадь поверхности при данном объеме. Обычно характеризуется работой, затраченной на увеличение площади поверхности вина на 1 см<sup>2</sup>.

Поверхностное натяжение является важным показателем для характеристики игристых вин и зависит от содержания в них спирта и ПАВ (преимущественно образующих жидкие адсорбционные слои).

Поверхностное натяжение, являясь индивидуальным показателем различных жидкостей, зависит от природы граничащих с ними газовых сред. Однако А. А. Мержанианом не обнаружено существенных различий между

величинами поверхностного натяжения вина, граничащего с воздухом и диоксидом углерода, вина, насыщенного  $\text{CO}_2$  до барометрического давления, и этого же вина после удаления из него растворенного  $\text{CO}_2$ .

На величину поверхностного натяжения игристых вин существенное влияние оказывает температурный фактор: с повышением температуры поверхностное натяжение снижается (приблизительно на 0,2 мН/м на 1 °С [58]) и при критической температуре, когда исчезает поверхность раздела фаз, становится равным нулю. Величина поверхностного натяжения для вин различных сортов и продолжительности выдержки варьирует в близких пределах и не подчиняется определенной закономерности.

*Смачивание твердых поверхностей* - свойство, существенно определяющее скорость выделения из игристого вина  $\text{CO}_2$  и дисперсность пены, зависящее от молекулярного сродства жидкости к поверхности стенок сосуда, осадков и частиц, присутствующих во взвешенном состоянии.

Смачивание игристыми винами поверхности твердых тел оценивается взаимодействием сил поверхностного натяжения на границе вино-газ-твердое тело и оно обычно тем больше, чем значительнее снижение поверхностного натяжения на границе с твердым телом и чем меньше поверхностное натяжение на границе с газом.

На величину смачивания поверхности игристым вином незначительное влияние оказывает концентрация в нем экстрактивных веществ и этилового спирта. Из ПАВ только снижение содержания в вине азотистых веществ приводит к заметному увеличению смачивания.

К практически полностью смачиваемым продуктам виноделия относятся винный камень, дрожжевые клетки. Из применяемых в винодельческой промышленности материалов к достаточно хорошо смачиваемым относятся стекло, дерево, пластмассы, стеклоэмаль, бакелит, керамика, фарфор; к несмачиваемым - полиэтилен, парафин, некоторые лаки.

*Вязкость* является физико-химическим показателем внутреннего трения, которое возникает при перемещении соседних слоев вина и зависит от сил сцепления между его молекулами.

Вязкость - показатель, имеющий важное значение для характеристики свойств виноматериалов и вина, технологических расчетов гидродинамических, седиментационных, тепловых и других процессов. От вязкости зависят дисперсность пены, игристые свойства вина.

Вина различного состава характеризуются различной вязкостью. С увеличением концентрации этилового спирта вязкость вина повышается, причем с ростом температуры вязкость вин с повышенным содержанием спирта снижается сильнее. В меньшей степени по сравнению со спиртом на повышение вязкости влияет содержание в вине экстрактивных веществ. Однако при равной концентрации спирта красные вина, как более экстрактивные, отличаются более высокой вязкостью, чем белые. Снижение вязкости наблюдается с увеличением концентрации  $\text{CO}_2$ , абсорбированного вином.

Биохимические процессы играют основную роль в формировании качественных особенностей игристых вин, начиная от переработки винограда и кончая обработкой шампанизированного вина. Советские ученые А. И. Опарин, Н. М. Сисакян, А. М. Фролов-Багреев, Г. Г. Агабальянц, А. А. Мержаниан, А. К. Родопуло и др. внесли значительный вклад в установление механизма биохимических и физико-химических процессов, протекающих при формировании игристых вин. В последние годы появились работы по биохимии игристых вин за рубежом.

В биохимической теории процессов формирования игристых вин установлены факторы, оказывающие влияние на формирование специфических свойств игристых вин, выяснены основные закономерности биохимических процессов, протекающих на отдельных стадиях получения этих вин, предложены биохимические способы регулирования процессов формирования игристых вин.

## Столовые вина.

### Углеводы винограда, их образование и превращение

Главной составной частью лозы и ягод винограда являются углеводы. Содержание их в некоторых сортах достигает 90%. В винограде соотношение сахара и кислот является главным критерием для определения качества винограда и вина. В процессе брожения сахара претерпевают глубокие изменения. Из них образуется главный продукт спиртового брожения этанол, а также вторичные продукты брожения, имеющие важное значение для формирования вкуса и букета вина.

### Превращение углеводов

В последнее время проводятся исследования по изучению связи между метаболизмом органических кислот и углеводов в процессе роста и созревания ягод винограда. Первоначальный распад органических кислот и аккумуляция сахара происходят одновременно в начале созревания. Обычно это длится 6-7 недель после цветения; этот процесс интенсифицируется в середине срока созревания ягод винограда. Органические кислоты в процессе созревания ягод винограда участвуют в образовании углеводов.

В ягодах винограда встречаются различные углеводы, их насчитывается до 81. К ним относятся полисахариды, олигосахариды и моносахариды. Полисахаридами называют углеводы, молекула которых при гидролизе распадается с образованием молекул моносахаридов.

В зависимости от молекулярной массы и свойств полисахариды делятся на две группы: олигосахариды - низкомолекулярные полисахариды, молекула которых при гидролизе образует небольшое число молекул моносахаридов (от 2 до 10), и высшие полисахариды - высокомолекулярные вещества малорастворимые и совсем нерастворимые в воде; в большинстве случаев они не кристаллизуются и не обладают сладким вкусом.

В ягодах винограда содержатся также пентозаны, целлюлоза, пектины и камеди.

Полисахариды кожицы винограда состоят из легко- и трудногидролизуемых фракций полисахаридов. Количество последних составляет 24 - 25%, а легкогидролизуемых 16 - 20%. Полисахариды в ягоде винограда представлены сложными сочетаниями кислых и нейтральных гетерополисахаридов: галактоарабиногалактана, арабиноглюкана, галактоглюкоманнана и глюкана.

Считается, что все полисахариды в разной степени связаны между собой, а также с лигнином, белком и фенольными соединениями.

Работами В.И. Зинченко и др. показано, что в винограде найдены щелочерастворимые полисахариды, гемицеллюлоза и целлюлоза, а также гетерополисахарид, состоящий из гексоз, пентоз и уроновых кислот.

Гексозы в винограде встречаются в свободном состоянии в больших количествах. d-глюкоза, или виноградный сахар, хорошо растворима в воде, в спирте, плохо и совсем нерастворима в эфире. При слабом окислении она образует глюконовую, а при сильном - сахарную кислоту. При нагревании глюкозы с минеральными кислотами она превращается в оксиметилфурфурол, который затем разлагается на левулиновую и муравьиную кислоты.

Винные дрожжи лучше сбраживают глюкозу, чем фруктозу, так что после окончания брожения последняя частично остается в вине. При окислении фруктозы слабыми окислителями образуются гликолевая и оксималяная кислоты, при дальнейшем окислении из гликолевой кислоты образуются муравьиная и щавелевая. Восстановление фруктозы приводит к образованию d-маннита и d-сорбита [3].

После цветения и формирования ягод винограда вначале в основном образуется глюкоза, а затем фруктоза. В начале созревания отношение глюкозы к фруктозе в ягоде приближается к 1. В стадии технической зрелости в ягодах преобладает фруктоза. Объясняется это тем, что к этому времени активность гексозофосфатизомеразы значительно увеличивается, вследствие чего часть глюкозы превращается в фруктозу и ее количество возрастает. Сахароза также появляется в период созревания винограда.

В европейских сортах винограда отношение глюкозы к фруктозе составляет от 0,9 до 1,3, а по Амераину -- от 0,71 до 1,45.

Для установления степени зрелости винограда, идущего на изготовление столовых, шампанских и десертных вин, большое значение имеют содержание сахара и титруемая кислотность во время сбора.

По мере созревания содержание сахаров увеличивается, а титруемая кислотность уменьшается и при этом глюкоацидиметрический показатель возрастает. Для шампанских виноматериалов он составляет 18--20, для столовых -- 23--25, а для десертных -- 35.

Пентозы представлены L-арабинозой, ксилозой, а также рибозой, рамнозой, дезоксирибозой и мелибиозой. В винограде содержатся и пентозаны. Они преобладают в гребнях, кожице и семенах в количестве от 1,05 до 4,5%, а в винах количество пентозанов колеблется от 0,003 до 0,15%.

Считается, что потенциальным источником пентоз в вине являются глюकोпротеины, полисахариды, пектины, аминсахара, пигменты винограда и экстрактивные вещества древесины бочки.

Исследования Е. Пауля (1967) показали, что в процессе брожения сусле эти соединения подвергаются гидролизу, в результате чего пентозаны появляются в свободном состоянии и поддаются хроматографированию.

Большое биологическое значение имеют d-дезоксирибозы и d-рибоза, которые входят в состав нуклеиновых кислот как биологически активные вещества.

Пентозы обладают всеми характерными свойствами моносахаридов. Они восстанавливают фелингову жидкость. Поэтому при определении Сахаров по методу Бертрана пентозы обуславливают завышенные результаты. С фенилгидразином пентозы образуют озазоны, при восстановлении дают пятиатомные спирты (ксилит и арабит), дрожжи не способны их сбраживать, этим пентозы и отличаются от гексоз.

При нагревании с минеральными кислотами пентозы теряют 3 молекулы воды и образуют фурфурол, что характерно для них [4].

## Пектиновые вещества

Это высокомолекулярные углеводные соединения. В состав пектиновых веществ входит более 200 до некоторой степени метокси-лированных остатков галактуроновой кислоты, которые соединены между собой 1,4-эфирными связями:

До настоящего времени нет четкой классификации пектиновых веществ. Согласно физико-химическим свойствам они разделяются на ряд фракций. В пектиновые вещества входят протопектин, растворимый пектин, пектиновая и пектовая кислоты и их соли -- пектаты.

Протопектин нерастворим в воде. Он входит в состав первичных клеточных стенок. Но после обработки органическими кислотами или под действием протопектиназы переходит в растворимый пектин. В протопектин входят полигалактуроновые кислоты, которые связаны с крахмалом, целлюлозой и арабаном. Химическая природа протопектина полностью еще не изучена, поскольку он не выделен из растений в нативном состоянии.

Пектин представляет собой растворимые пектиновые кислоты. Пектиновые растворы обладают высокой вязкостью, вследствие чего при повышенном содержании его в виноградном соке обработка затрудняется, в связи с чем большое значение имеет обработка сока или сусла пектолитическими ферментами.

Среди пектолитических ферментов главную роль играют пектинэстераза и эндополигалактуроназа. При гидролизе пектина под действием пектинэстеразы выделяется метанол, увеличение содержания которого нежелательно. Содержащиеся в сусле пектиновые кислоты тормозят действие пектинэстеразы. Фенольные соединения также ингибируют действие пектолитических ферментов.

В начале созревания винограда пектиновые вещества из твердых частей ягоды частично переходят в сок. При технической зрелости содержание их в соке колеблется от 1 до 2 г/л. Виноградный сок, полученный из недозрелого винограда, не содержит пектиновых веществ.

Показано, как изменяется содержание пектиновых веществ при переработке винограда. В процессе прессования количество пектина в зависимости от фракции сусла увеличивается. Так, в сусле первой фракции количество пектиновых веществ составляет 0,05%, во второй 0,06%, а в третьей 0,2%. Следовательно, сусло последних фракций содержит больше пектиновых веществ, чем сусло первой и второй фракции. Поскольку пектин является гидрофильным коллоидом с отрицательным зарядом, то сусло и полученное из него вино плохо осветляются.

В процессе переработки винограда пектин претерпевает глубокие изменения, особенно в процессе брожения. В винограде содержится пектинметилэстераза, которая приводит к деметоксилизации пектиновых кислот, в результате чего сусло обогащается метанолом. В винограде также содержится полига-лактуроназа, но она менее активна. Под действием пектолитических ферментов, содержащихся в самих ягодах винограда, пектин начинает распадаться и количество его уменьшается.

При спиртовом брожении происходит дальнейший распад пектина под действием ферментов дрожжей, среди которых имеются и пектолитические. В дрожжах была найдена полигалактуроназа. В связи с этим в вине пектина остается очень мало, а в выдержанных винах обнаруживается в следах. Если в исходном сусле пектина содержится от 0,59 до 0,75 мг/л, то после брожения и формирования вина его остается примерно в 10 раз меньше.

Пектиновые вещества являются основным источником фурфурола в вине.

Вина, приготовленные из винограда, обработанного пектолитическими ферментами, более экстрактивны и обладают более хорошим вкусом.

Общее количество коллоидов в вине составляет 300 мг/л. В сусле их примерно в 2 раза больше, чем в вине. При брожении сусла и выдержке вина количество коллоидных веществ уменьшается, главным образом за счет исчезновения групп с высокой электрофоретической подвижностью, т. е. пектинов и белков.

## Азотистые вещества

Азотистые вещества винограда состоят из органических и минеральных форм азота. К первым относятся белки, аминокислоты, полипептиды, амины, амиды и другие азотистые вещества, ко вторым -- нитраты, нитриты органических оснований и аммиачных солей. В винограде и в вине преобладает органическая форма азотистых веществ. Основная доля из них приходится на аминокислоты и полипептиды, что составляет от 38 до 78% от общего азота. Остальные формы органического азота составляют 8--13%. На долю минеральной формы азота приходится всего от 5 до 15%.

## Аминокислоты

Биосинтез аминокислот в органах виноградной лозы впервые в 1960 г. был показан С. В. Дурмишидзе и О. Т. Хачидзе. Исследования этих авторов доказали, что в начале сокодвижения в растении усиливается ферментативный гликолиз углеводов и создаются условия для биосинтеза аминокислот. В пасоке виноградной лозы были идентифицированы все аминокислоты, которые встречаются в виноградном соке и корнях.

Количество общего азота составляет около 1075 мг/л, белкового 40 мг/л, содержание аминокислот и пептидов превышает содержание других форм азота.

Исследования французских энологов Е. Пейно, С. Лафон-Ла-фуркарда и Г. Гимберто показали, что в процессе созревания ягод винограда количество общего азота увеличивается, а аммиачного уменьшается, содержание отдельных аминокислот нарастает и особенно много накапливается пролина.

Наращение количества аминокислот в процессе созревания винограда сорта Рислинг впервые показал в 1963 г. Ф. Драверт. В ранний период созревания, когда кислотность очень высокая, в ягодах мало аминокислот. В процессе созревания винограда наблюдается уменьшение титруемой кислотности и увеличение количества аминокислот.

Ф. Драверт показал, что в начале созревания в заметном количестве в ягодах винограда накапливаются аргинин, серин, аланин, глутаминовая и

аспарагиновая кислоты. Видимо, эти кислоты участвуют в образовании других метаболитов и аминокислот.

Так, например, аспарагиновая и глутаминовая кислоты участвуют в переаминировании аминокислот с кетокислотами. Аланин, дезаминируясь, превращается в пировиноградную кислоту, которая занимает центральное место в метаболизме углеводов, жиров и белков. Из аспарагиновой кислоты образуются серии, треонин и метионин, а из глутаминовой кислоты - орнитин, цитруллин, аргинин. В ягодах винограда в наибольшем количестве содержатся пролин, аргинин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

В процессе созревания винограда в нем появляются глицин, валин, метионин, лейцин, изолейцин, а также циклические аминокислоты - пролин, тирозин и фенилаланин.

Ф. Драверт также установил, что в процессе созревания винограда планомерного увеличения аминокислот не наблюдается. В начале созревания (до 5 сентября) содержание аминокислот увеличивается до 2619,9 мг/л, к 12 сентября -- уменьшается до 2277,8 мг/л, а затем опять резко увеличивается до 3464,1 мг/л. Такое явление можно объяснить тем, что в этот период происходит энергичное расходование аминокислот на биосинтез белков.

В таблице 1 приведено содержание аминокислот в сусле по данным исследователей разных стран.

Из таблицы 1 видно, что сорта винограда, произрастающего в разных странах, значительно различаются между собой содержанием аминокислот. Большинство аминокислот встречается во всех сортах. Количество пролина превалирует над содержанием других аминокислот.

После пролина в разных сортах винограда встречается значительное количество аргинина, аспарагиновой и глутаминовой кислот.

Цистин, глицин, триптофан и некоторые другие аминокислоты содержатся в незначительном количестве.

Колебания в содержании аминокислот можно объяснить различными климатическими условиями произрастания, а также сортом винограда и спо-

собом приготовления сока. Некоторые сорта винограда -- Каберне, Саперави, Совиньон, Мальбек -- имеют повышенное содержание азотистых веществ, другие -- Мерло, Се-милльон -- бедны ими. Сок, полученный самотеком, содержит меньше аминокислот, чем сок, полученный под давлением.

Аминокислотный состав виноградного сока меняется в зависимости от внесения отдельных элементов удобрений. Улучшение минерального питания является не только средством повышения урожайности, но влияет на химический состав растений.

Среди факторов внешней среды, действующих на размер и качество урожая винограда, первое место принадлежит условиям почвенного питания.

С помощью химического состава удобрения можно регулировать питание виноградной лозы и получить виноград, соответствующий определенному типу вина. Применение азотистых удобрений приводит к увеличению содержания аминокислот в ягодах, что полезно при производстве десертных вин и нежелательно при приготовлении сухих, столовых и шампанских виноматериалов [3].

#### Полипептиды

Эти соединения состоят из аминокислот, связанных между собой пептидными связями. Молекулярная масса полипептидов составляет не более 10000 D. Они осаждаются сульфатом аммония, фосфоровольфрамовой кислотой, как белки, но, отличаются от белков тем, что не задерживаются целлофановой мембраной при диализе. Ди- и трипептиды не осаждаются этими реактивами.

Многие полипептиды встречаются в растениях и дрожжах, имеют важное значение как промежуточные продукты в обмене веществ и как физиологически активные вещества. Примером может служить глутатион. Он состоит из остатков трех аминокислот: гликокола, цистеина и глютаминовой кислот. Глутатион в значительном количестве содержится в дрожжах.

Важная роль глутатиона в обмене веществ заключается в том, что он является сильным восстановителем и очень легко окисляется. При этом

окисляется сульфгидрильная группа ( $--SH$ ). Две молекулы глутатиона соединяются дисульфидной связью ( $--S--S--$ ) и образуют молекулу окисленного глутатиона.

В ягодах винограда полипептиды образуются в результате распада белков и путем синтеза из аминокислот.

Количество аминокислот, входящих в полипептиды, составляет от 70 до 90% от общего азота. Глицин, лизин, аспарагиновая кислота являются главными компонентами полипептидов.

### Белки

В растениях белков содержится меньше, чем углеводов. Однако они играют большую роль в биологических процессах. Белковые вещества составляют основную массу протоплазмы. Все ферменты являются белками.

При определенных условиях белковые растворы превращаются в гели. В гелях вода находится в гидратационном состоянии. Высушенный гель теряет воду. При помещении такого геля в воду белок впитывает большое количество воды. Этот процесс называется набуханием геля. Процесс, обратный набуханию, т. е. отдача воды, называется синерезисом. Процесс набухания белков играет большую роль в пищевой промышленности, особенно в хлебопечении и в кондитерском производстве.

Белки винограда и вина в основном представлены протеидами, большинство которых обладает ферментативной активностью. К числу таких протеидов относятся гликопротеиды, в углеводную фракцию которых входят глюкоза, фруктоза, манноза, ксилоза, галактоза, рамноза и фукоза.

Белковые вещества винограда довольно разнообразны и содержат несколько фракций. Первые исследования по изучению гетерогенности белков винограда были проведены В. Димайером и И. Кохом методом электрофореза в 1962 г. Согласно их данным, белки состоят из нескольких фракций, причем две из них являются главными, по отношению к теплу одна фракция является лабильной.

Р. Моретти и Х. Берг (1965) методом электрофореза на полиакриламидном геле в присутствии трисглицеринового буфера с рН 8,3 разделили белок виноградного сока на пять фракций. Молекулярная масса выделенных фракций колебалась от 18 000 до 23 000 D, изоэлектрическая точка белка варьировала от рН 3,5 до рН 3,7.

Согласно данным Е.Н. Датунашвили и др., белки винограда имеют относительно невысокую молекулярную массу. Низкомолекулярные фракции обладают молекулярной массой около 10 000, а более высокомолекулярные от 24 000 до 47 000D.

При переработке винограда содержание белковых веществ изменяется в зависимости от технологии. Сусло, полученное прессованием, содержит больше белков, чем сусло, полученное самотеком.

Тепловая обработка виноградного сока и вина вызывает некоторое уменьшение белкового азота.

#### Амины и амиды

В результате исследований винограда и вина наряду с аминокислотами и белками в сусле и вине были обнаружены и другие азотистые вещества. Было установлено, что амины составляют примерно 1--5% общего количества азотистых веществ, которые образуются путем энзиматического расщепления аминокислот.

В вине также были найдены гистамин, диэтиламин, диметиламин. Содержание гистамина в белых винах колеблется от 0,3 до 5,5 мг/л. Он образуется в результате действия молочнокислых бактерий, так как дрожжи не способны синтезировать гистамин.

В винах были идентифицированы гексиламин, бензиламин, путресцин и кадаверин. Установлено, что некоторые амины, особенно гистамин, являются биогенно активными веществами и имеют большое физиологическое значение.

Амиды играют важную роль в азотистом обмене веществ. В винограде в основном встречаются амиды аспарагиновой и глютаминовой кислот: аспарагин и глутамин.

В винах содержатся также гексозамин (8,7-29,2 мг/л) и меланоиды, количество которых колеблется в зависимости от типа вина (5-75 мг/л).

#### Органические кислоты и их метаболизм

Органические кислоты широко распространены в растительном мире и играют важную роль в обмене веществ растений. Они в значительных количествах содержатся в ягодах винограда и представлены главным образом винной и яблочной кислотами. Лимонной, янтарной, гликолевой, глиоксальной, щавелевой и других кислот в винограде значительно меньше. Благодаря создаваемой ими кислотности в сусле подавляется развитие болезнетворных микроорганизмов и создаются благоприятные условия для деятельности винных дрожжей. Органические кислоты находятся в определенных соотношениях с сахарами и этим обуславливают приятное вкусовое ощущение [7].

При физиологической зрелости винограда (к 5/X) наблюдается уменьшение количества винной, яблочной, янтарной и щавелевой кислот, содержание лимонной также уменьшается. Следует отметить, что по динамике накопления лимонной кислоты можно определять техническую и физиологическую зрелость винограда.

Соотношение количества винной и яблочной кислот меняется в ходе созревания. У незрелого винограда это соотношение составляет примерно единицу, а в процессе созревания оно увеличивается. При технической зрелости соотношение между винной и яблочной кислотами меньше 2, а при физиологической -- больше 2.

В последнее время изучались функции отдельных кислот в сусле и вине. При этом установили, что большое значение имеет яблочная кислота. Другие исследователи считают, что при созревании винограда и приготовлении вина имеет значение винная и яблочная кислоты. Содержание винной кислоты мало зависит от климатических условий. Она микробиологически

более устойчива и как наиболее сильная регулирует в вине соотношение кислот и солей и, следовательно, концентрацию водородных ионов, что и определяет ее значение при производстве вин. Яблочная кислота имеет большее значение при созревании винограда, чем при приготовлении вина, она играет важную роль в обмене веществ растения.

Содержание яблочной кислоты в зеленых ягодах мало возрастает с повышением температуры от 10 до 25°C. Дальнейшее повышение температуры вызвало уменьшение ее количества. Низкие температуры ночью стимулируют образование органических кислот, а высокие (30°C и выше) уменьшают. В зеленых ягодах винограда углеродная метка C14 преобладает в основном в органических кислотах, в созревших ягодах около 80% его входит во фракцию углеводов.

Исходя из полученных данных можно заключить, что в зеленых ягодах при температуре 10-15°C ночью происходит синтез органических кислот, а при высокой температуре (30-37°C) днем - синтез углеводов.

#### Винная кислота

По химическим свойствам все формы винной кислоты одинаковы, но отличаются рядом физических свойств (температурой плавления, растворимостью и др.). Так, например, d- и l-винные кислоты имеют температуру плавления 170°C, виноградная 240-- 246° С, а мезовинная 140° С. Растворимость d- и l-винной кислот в воде выше, чем виноградной.

Поскольку винная кислота является двухосновной, она дает два рода солей -- кислые и средние. Кислая соль калия винной кислоты ( $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) труднорастворима в воде и даже в вине, вследствие чего в значительном количестве выпадает из вина в осадок. Средняя соль калия винной кислоты ( $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ), а также средняя соль натрия хорошо растворимы в воде. При действии едкой щелочи на кислую калийную соль винной кислоты образуется сегнетова соль ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).

Растворимость солей винной кислоты (винный камень) в вине зависит от содержания некоторых аминокислот (глицин, лейцин, фенилаланин, аспа-

рагиновая кислота) и особенно белковых веществ. Согласно данным С. Мончева, неодинаковая растворимость винного камня в отдельных винах объясняется различием в составе и количественном отношении аминокислот. Поэтому вина, выдержанные на дрожжах, обладают большей стабильностью к помутнениям.

Винная кислота и ее соли являются одним из главных компонентов суслу и вина. Значение их в том, что, обладая кислым вкусом, в сочетании с сахаром они создают определенную вкусовую гармонию.

Винная кислота и ее соли создают кислую реакцию суслу и вина и препятствуют развитию ряда микроорганизмов, портящих вкус и аромат. С другой стороны, кислая среда способствует развитию винных дрожжей, которые обладают более высокой кислотовыносливостью и при pH 2,8-3,8 способны сбраживать сахар.

#### Ферменты

##### О-Дифенолоксидаза

Этот фермент (02=оксидоредуктаза К.Ф. 1.10.3.1) является одним из наиболее активных, встречающихся в ягодах винограда. Фермент обладает способностью катализировать окисление не только катехинов, но и других фенольных соединений, содержащих 1-2- и 1-3-оксигруппу (ОН), пирокатехин и пирогаллол, а также группу NH<sub>2</sub> (ароматические аминокислоты и амины).

Характерной особенностью о-дифенолоксидазы является способность катализировать две реакции -- окисление дифенолов и гидрокселирование монофенолов. Следовательно, о-дифенолоксидаза является не единственным ферментом, обладающим смешанными функциями. Таким же свойством обладает рибозодифосфаткарбоксилаза.

С момента появления ягод до полного их созревания активность о-дифенолоксидазы и количество фенольных соединений быстро уменьшается в течение одного месяца, т. е. с того момента, как масса ягод и сахаристость увеличиваются.

## Гидролазы

Эти ферменты катализируют реакцию гидролиза сложных соединений на более простые. Это обширный класс ферментов, который может быть подразделен на ряд подгрупп: эстеразы, протеазы, пептидазы, карбогидразы, р-фруктофуранозидаса и др. В винограде из гидролаз наиболее активны эстеразы. Ферменты, катализирующие гидролиз пектиновых веществ, разделяются на две группы: пектинметилэстеразы, катализирующие разрыв эфирных связей в молекуле метоксилированных пектинов, и полигалактуроназы, которые расщепляют  $\alpha$ -1,4-d-галактуроновые связи, соединяющие остатки галактуроновой кислоты.

## Витамины

### Витамин В1 (тиамин)

В дрожжах содержится фосфофенлаза, которая катализирует перенос фосфатной группы с АТФ на тиамин, превращающий его в тиаминпирофосфат. Помимо этого, тиаминпирофосфат участвует в декарбоксилировании пировиноградной кислоты при алкогольном брожении и в превращении пировиноградной кислоты в ацетил-КоА.

Растения и дрожжи способны синтезировать тиаминпирофосфат, а в организме человека он не синтезируется. Человек должен получать этот витамин с пищей. Исследования показали, что содержание витамина В1 в процессе созревания винограда увеличивается до 0,450 мг/кг.

Тиамин играет важную роль в алкогольном брожении, так как служит коферментом пируватдекарбоксилазы, катализирующей декарбоксилирование пировиноградной кислоты с образованием уксусного альдегида, который затем восстанавливается НАД-Н<sub>2</sub> при действии алкогольдегидрогеназы.

Исследования, проведенные Н.М. Сисакином, И.А. Егоровым, В.В. Агаповым и Н.Г. Сарисвили (1961), показали, что внесение дрожжей при шампанзации в резервуарах способствует накоплению витаминов В1 и В2, количество которых увеличивается и достигает в опыте 0,74 мг/л, хотя, в контроле их всего 0,12 мг/л.

Таким образом, при переработке винограда и выработке вино-материала количество витамина В1 значительно уменьшается, а при выдержке вина на дрожжах снова увеличивается.

#### Витамин В2 (рибофлавин)

Содержание витамина В2 в дрожжах значительно больше, чем в винограде, соответственно 30--40 мкг/г и 0,136--92 мкг/кг.

Исследование 5 образцов белых и 8 красных калифорнийских вин на содержание в них витаминов группы В показало, что в красных винах витаминов больше, чем в белых; так, количество рибофлавина, тиамина и ниацина в красных винах достигает соответственно 370, 950 и 1100 мг/л.

#### Витамин В6 (пиридоксин)

Растения, в том числе и виноградная лоза, способны синтезировать витамин В6. Но больше всего витамина содержится в дрожжах.

Исследования Е. Пейно и С. Лафуркада показали, что количество витамина В6 в процессе созревания винограда возрастает, а при полной его зрелости уменьшается. В виноградном соке содержится от 0,16 до 0,53 мг/л витамина В6. В процессе брожения количество его несколько уменьшается, а затем начинает увеличиваться в результате автолиза дрожжей. В винах содержание витамина В6 колеблется от 0,12 до 0,67 мг/л.

#### Витамин РР (никотиновая кислота)

Исследования И. Кэстера показали, что в калифорнийском винограде содержание никотиновой кислоты колеблется от 6,79 до 3,75 мг/кг. Никотиновую кислоту и ее амид исследовал С. Лафуркад в процессе созревания винограда и при брожении суслу, приготовленного из бордоских сортов винограда. При этом установлено, что количество витамина РР в ходе созревания увеличивается на 15--20% и колеблется от 0,86 до 2,56 мг/кг; в среднем для 20 образцов винограда оно составляет 1,2 мг/л. Связанного витамина РР всегда немного больше, чем свободного. В процессе брожения наблюдается уменьшение содержания никотинамида на 25--80%. По-видимому, дрожжи адсорбируют этот витамин. Особенно резко количество его уменьшается при

проветривании вина, так как в присутствии кислорода витамин РР быстро окисляется. Несмотря на то что дрожжи способны синтезировать никотинамид, содержание его в винах никогда не достигает первоначального уровня, т. е. содержания его в винограде и в сусле.

С. Лафуркад исследовал 82 образца вин. В белых винах содержание витамина РР колеблется от 0,44 до 1,32 (в среднем 0,82 мг/л), а в красных от 0,79 до 1,73 (в среднем 1,26 мг/л). Аналогичные результаты были получены А. Хеллом и его сотрудниками.

Согласно другим данным, количество витамина РР при выдержке вин не уменьшается (так, в 50-летних винах витамина РР столько же, сколько в молодых) .

#### Витамин М (фолиевая кислота)

Этот витамин состоит из молекулы птеридина, *h*-аминобензой-ной и глутаминовой кислот.

Фолиевая кислота участвует в перемещении одноуглеродистых соединений, в синтезе нуклеиновых кислот и в реакции трансокси-метилирования. Метильные группы необходимы для образования многих биологически активных соединений, например, метионина, тиамин, бетаина, холина и др.

Фолиевая кислота была обнаружена в винограде А.Н. Андреевой и В.Н. Букиным в количестве 2,38 мг/кг. В вине ее содержится от 0,38 до 0,5 мг/л, а в шампанском 0,43 мг/л. В процессе выдержки шампанского на дрожжах, по видимому, происходит обогащение его фолиевой кислотой.

#### Витамин С (аскорбиновая кислота)

Первые определения аскорбиновой кислоты были проведены в винограде А.А. Мержанианом и М.А. Герасимовым. Согласно данным Н.М. Сисакяна, И.А. Егорова и Б.Л. Африкян, содержание аскорбиновой кислоты в армянских сортах винограда колеблется от 22,1 до 48 мг · %.

Исследования К- С. Попова показали, что в крымских сортах винограда аскорбиновой кислоты содержится от 2 до 10,6 мг%. Еще меньше ее в юго-

славских сортах винограда (от 2,2 до 9,63 мг-%). Примерно столько же ее и в американских сортах винограда.

Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах винограда зависит от условий ее определения. Так, если определение проводили сейчас же после раздавливания винограда, то содержание аскорбиновой кислоты было выше. Если же раздавленный виноград и сок долго оставался на воздухе, то количество аскорбиновой кислоты быстро уменьшалось вследствие окисления [8].

Исследования показали, что при раздавливании винограда в аэробных условиях под действием о-дифенолоксидазы из полифенолов образуются хиноны, которые дегидрируют аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую.

В процессе брожения суслу дегидроаскорбиновая кислота не восстанавливается, поэтому содержание аскорбиновой кислоты в молодом вине не превышает 5--10 мг/л, а в выдержанном -- всего 2--3 мг/л. Из 45 исследованных бордоских вин только 3 содержали от 5 до 10 мг/л аскорбиновой кислоты.

Аскорбиновая кислота является прекрасным средством для предупреждения окисления. Поэтому весьма перспективно вводить ее в вино в кристаллической форме в анаэробных условиях, как это предложили А.С. Вечер и В.М. Лоза (1975 г.).

#### Фенольные соединения

Фенольные вещества широко распространены в растительном мире, они встречаются в самых различных органах растений.

#### Катехины

Катехины представляют собой наиболее восстановленные, а флавонолы -- наиболее окисленные соединения. Взаимное превращение одной группы флавоноидов в другую происходит посредством окисления и восстановления. Катехины и лейкоантоцианы легко подвергаются окислению и восстановлению, а также способны к легкой полимеризации.

Катехины, лейкоантоцианы, флавононы и флавонолы -- бесцветные вещества, флавоны и флавонолы окрашены в желтый цвет, антоцианы имеют разнообразные оттенки красного, синего и фиолетового цветов.

Биосинтез и метаболизм фенольных соединений.

В 50-х годах была сделана попытка установить биосинтез фенольных соединений. Было показано, что эти вещества синтезируются в растениях из углеводов через промежуточное соединение миоинозита. Но внедрения меченого C14 миоинозита в состав фенольных соединений растений не было обнаружено.

Позднее А.Л. Курсанов (1952) впервые показал, что при вакуум-инfiltrации раствора хинной кислоты в листьях чайного растения через некоторое время наблюдается образование рядовых полифенолов (катехины и галловая кислота).

С.П. Костычев считал, что в растениях хинная кислота легко превращается в галловую и гидрохинон и является связывающим звеном между углеводами и фенольными соединениями.

Шикимовый путь образования фенольных соединений. Шикимовая кислота является как бы первой ступенью при переходе от алициклических соединений к ароматическим. Образование шикимовой кислоты является первым этапом на пути перехода алициклических соединений к ароматическим.

Исследования М.Н. Запрометова также показали, что при введении в молодые побеги чайного куста меченого радиоактивного углерода в виде растворов глюкозы, фруктозы, шикимовой кислоты и ацетата натрия через 6-24 ч наблюдается удельная радиоактивность отдельных катехинов. Наилучшим предшественником является шикимовая кислота, промежуточное место занимает ацетат натрия и значительно хуже используются углеводы. Эти опыты позволили установить, что радиоактивная шикимовая кислота включается в галловые и пирокатехиновые фрагменты молекул катехинов.

Полученные данные свидетельствовали о том, что биосинтез фенольных соединений в растениях совершается в основном двумя путями - через шикимовую кислоту и через ацетат натрия в виде ацетил-КоА и малонил-КоА. Через ацетат осуществляется синтез ж-полифенолов, а через шикимовую кислоту - о- и п-за-мещенных полифенолов.

Роль фенольных соединений в окислительно-восстановительных процессах. Фенольные вещества играют важную роль в обмене веществ растений. Но еще недавно существовало мнение, что фенольные соединения представляют собой конечные продукты метаболизма высших растений. А между тем экспериментальные работы последних лет показали, что фенольные вещества не только синтезируются высшими растениями, но и подвергаются в них разнообразным превращениям: участвуют в дыхании, фотосинтезе; предполагают, что они играют роль в образовании иммунитета и др.

В последнее время особое внимание уделяют специфическим окисленным полифенолам - хинонам (убихинонам). Убихиноны (витамин К), сосредоточены в митохондриях растений и являются звеньями дыхательной цепи. Они занимают промежуточное место между флавопротеинами и цитохромами.

На конечных этапах дыхательного процесса хиноны являются акцепторами водорода. Присоединяя водород, хиноны восстанавливаются и вновь окисляются о-дифенолоксидазой в хиноны.

Как ферментативное действие о-дифенолоксидазы, так и аутооксидация сопровождаются поглощением кислорода и выделением углекислоты. При этом на 1 моль катехина расходуется 1 моль кислорода.

Выделение углекислоты свидетельствует о расщеплении исходных молекул катехинов.

Исследования Б.В. Вартапетяна и А.Л. Курсанова (1955) показали, что при неферментативном окислении катехина в щелочной среде в состав продуктов окисления включается как атмосферный кислород, так и кислород воды, а при ферментативном -- только кислород воды. Основываясь на полу-

ченных результатах, авторы пришли к заключению, что могут существовать различные механизмы ферментативного и аутооксидабельного окисления катехинов.

Окислительная конденсация фенольных соединений имеет место как при ферментативных реакциях, так и при аутооксидации катехинов и других производных. Примером могут служить дубильные вещества, проантоцианидины, лигнин и др. Инициаторами конденсации фенольных соединений являются о-дифенолоксидаза и пероксидаза.

Образованные при ферментативном окислении фенольные соединения, хинонные формы или свободные радикалы в дальнейшем неферментативно взаимодействуют с неокисленными формами катехинов и образуют димеры. Последние вновь подвергаются ферментативному окислению с образованием тримеров.

При окислительной конденсации катехинов молекулярная масса увеличивается примерно в 2 раза. Исходя из этого, А.Л. Курсанов, К.М. Джемухадзе и М.Н. Запрометов составили схему конденсации катехинов, которая предусматривает предварительное окисление катехинов в соответствующие хиноны, так как конденсируются не сами катехины, а их хинонные формы без разрыва пиранового кольца

#### Флавонолы

Представителями флавонолов являются кемпферол, кверцетин и мирицетин.

Методом хроматографии в тонком слое целлюлозы из винограда были выделены два гликозида и два агликона. В процессе созревания винограда их количество колеблется от 13 до 20 мг на 100 г ягод, затем к моменту созревания количество флавонолов достигает 18--24 мг на 100 г ягод, в винах их содержится от 37 до 97 мг/л [8].

В кожице белого винограда эти флавоновые гликозиды найдены в меньших количествах, за исключением мирицетин-3-моногликозида, который отсутствовал. В красных винах через несколько месяцев хранения вслед-

ствии гидролиза флавоновых гликозидов образуются свободные аглюконы: кемпферол, кверцетин и мирицетин в количестве не больше 15 мг/л. В белых винах, приготовленных по европейскому способу, флавонолов не обнаружено.

Флавонолы в винограде встречаются в основном в виде гликозидов. Кроме того, они, как и катехины, могут находиться в виде ацилированных производных.

#### Флавоны

Представителями флавонов являются: апигенол, лютеолол и хризол. Они окрашены в светло-желтый цвет.

В винограде эти вещества найдены в виде гликозидов и агликонов. В виде гликозидов встречаются с присоединением сахара к углеродному атому в положении 3 и 7. Апигенол найден в винограде сорта Изабелла. В винограде были найдены следующие флавоновые соединения: витексин, изовитексин, ориентин и изоориентин.

#### Фенолкарбоновые кислоты

К ним относятся ароматические кислоты бензойного и коричневого ряда. К бензойным относятся п-оксибензойная, протокатеховая, ванилиновая, галловая, сиреневая, салициловая и гентизиновая; к коричневым -- п-кумаровая, кофейная, феруловая и синаповая.

Интересно отметить, что в кожице красного винограда содержится больше кислот бензойного и коричневого рядов, чем в кожице белого.

#### Антоцианы

Это красящие вещества ягод, плодов и цветочных лепестков, а также листьев некоторых растений. Первые исследования по изучению химического строения антоцианов были проведены Р. Вильштеттером, П. Каррером и В. Робинсоном.

Антоцианы широко распространены в растительном мире. Основными представителями их являются следующие агликоны: цианидол, дельфинидол,

петунидол, мальвинидол и пеларгонидол. Ниже приведена структурная формула дельфинидола.

В винограде, в зависимости от его рода и вида, было найдено от семи до семнадцати веществ, являющихся моно- и дигликозидами, а также -- ряд веществ в виде ацилированных гетерозидов, которые соединены с ароматическими кислотами, такими как, например, *p*-оксибензойная, *p*-оксикоричная, *p*-кумаровая [3].

В гликозидах антоцианидинов остаток сахара присоединяется в случаях моногликозидов к углеродному атому в положении 3, а в случае дигликозидов -- в положении 5. Из сахаров, входящих в молекулу антоцианов, главным образом встречается глюкоза, реже рамноза, арабиноза и галактоза.

Красящие вещества ягод винограда находятся как в свободном состоянии -- это, так называемые антоцианидины, так и в связанном с сахарами в виде гликозидов -- это антоцианы. Антоцианы содержат в гетероциклическом кольце четырехвалентный кислород (оксоний) и благодаря этому легко образуют соли, например хлориды.

Антоцианы в основном распределены в кожице винограда. Они находятся в третьем или четвертом слое гиподермы, а в мякоти под гиподермой. Внутри клеток антоцианы концентрируются в вакуолях в виде гранул. Цитоплазма и стенки клеток их не содержат. Но когда клетка погибает, то в результате диффузии окрашивается вся ткань.

#### Танины

Танины винограда и вина представляют собой полимеры главным образом из катехинов и лейкоантоцианов. Они обладают способностью реагировать с белками. Молекулярная масса танинов меняется в зависимости от продолжительности выдержки вин. Согласно данным П. Рибера-Гайона (1971), для молодых вин она равна 500--800, для старых -- 3000--4000D, для очень старых вин молекулярная масса уменьшается и приближается к молекулярной массе молодых вин вследствие выпадения в осадок наиболее кон-

денсированных форм. Структура танина в процессе созревания и старения вина сильно меняется.

### Эфирные масла

Эфирные масла в основном сосредоточены в кожице винограда и во внешних слоях мякоти. Кожица винограда содержит их в 2 раза больше, чем мякоть. Вещества, выделенные из эфирного масла винограда, представлены углеводородами, спиртами, терпеноидами, карбонильными соединениями, жирными кислотами, сложными эфирами и другими [5].

### Коньяк.

Технология коньяка базируется на сложных физико-химических и биохимических превращениях большой группы веществ виноградного сока в процессе получения и перегонки виноматериала, а также выдержки коньячного спирта в дубовой таре в течение длительного периода.

Одну из главных ролей при этом играют ароматические вещества винограда. Большинство виноградных сортов имеют типичный чистый, с легкими цветочными тонами аромат, который в дальнейшем трансформируется в сложный букет в результате технологических обработок и биохимического взаимодействия. Лишь некоторые сорта имеют своеобразный, легко узнаваемый специфический аромат, что заставляет выделять их в особую группу – Мускат, Изабелла и т.п.

Поэтому в основу подбора сортов винограда для коньячного производства, наряду с кислотностью и сахаристостью, необходимо положить и показатель, характеризующий качественный и количественный состав ароматических веществ суслу.

Специфику аромата ягод обуславливают эфирные масла, которые включают в себя разнообразные эфиры, высшие спирты жирного ряда, терпеноидные соединения и т.п.

Накопление эфирных масел происходит по мере созревания винограда и заканчивается в период физиологической зрелости. В дальнейшем, при пе-

резревании, их количество снижается и коньячные спирты из такого винограда, получаются низкого качества, без аромата, негармоничные.

Увеличению содержания ароматических веществ (ацеталей, эфиров) способствует и высокая концентрация в сусле органических кислот, которая главным образом определяется экологическими условиями произрастания винограда. Специальные технологические приемы, например гипсование сусла, повышающие активную кислотность, также приводят к накоплению летучих компонентов.

В то же время экстрактивные вещества, прежде всего, пектины в процессе брожения обогащают виноматериал и в дальнейшем коньячный спирт метанолом, уксусной, масляной, пропионовой кислотами, а также некоторыми альдегидами, отрицательно влияющими на его качество.

Наиболее важные для коньячного производства соединения возникают при брожении осветленного виноградного сусла. К ним относятся высшие спирты, образующиеся из аминокислот и углеводов в присутствии ферментов дрожжей, альдегиды и эфиры.

Некоторые аминокислоты – лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин, тирозин, триптофан в результате гидролитического или окислительного дезаминирования синтезируют высшие спирты. Биосинтез высших спиртов протекает также путем переаминирования аминокислот, в частности, изучен механизм переноса аминогруппы с лейцина, изолейцина, валина, тирозина, триптофана и фенилаланина на альфа-кетоглутаровую кислоту.

Регулированию синтеза высших спиртов в коньячном спирте при брожении способствуют оптимальная температура и кислородный режим процесса. Установлено, что при температуре 18-20°C происходит накопление высших спиртов, а при дальнейшем росте температуры содержание их снижается.

Наибольшее количество высших спиртов образуется при средней интенсивности аэрации, т.к. кислород угнетает процесс брожения.

Накопление высших спиртов в коньячном виноматериале зависит и от расы дрожжей. *Saccharomyces oviformis*, например, образуют больше высших спиртов, чем *Saccharomyces Vini*, *Schizosaccharomyces Malicodevoratus* и *Torulopsis*.

Остаточный сахар в коньячных виноматериалах служит причиной развития микроорганизмов и повышенного содержания летучих кислот.

Главным способом образования и регулирования химического состава коньячного спирта, который в наибольшей степени определяет качество будущего коньяка, является перегонка виноматериалов.

Принято делить дистиллят на три фракции – головную, среднюю и хвостовую, каждая из которых содержит различные соединения, отличающиеся температурой кипения.

Процесс перегонки позволяет не только выделить спирт, но и обогатить его летучими компонентами перегоняемого виноматериала и образующимися при высокой температуре в кубе.

В головную фракцию переходят, главным образом, низкокипящие летучие вещества виноматериала – сложные эфиры уксусной и масляной кислот, эфиры, высшие спирты, летучие кислоты. Однако этот процесс имеет сложный характер и зависит от многих факторов, которые не всегда поддаются учету. О поведении летучих компонентов виноматериала при перегонке можно судить по величине коэффициента ректификации, который показывает, насколько легко по отношению к этиловому спирту перегоняется тот или иной компонент.

Если коэффициент ректификации больше единицы, примесь испаряется быстрее этанола и накапливается в головной фракции; в то же время, в хвостовую фракцию переходит вещество, если его коэффициент ректификации меньше единицы. Когда коэффициент ректификации равен единице, примеси перегоняются одновременно с этиловым спиртом, и очистки коньячного спирта не происходит. Определены типичные головные примеси (уксусный, масляный, изомасляный альдегиды, муравьино-этиловый, уксусно-

метиловый, уксусно-этиловый эфиры и другие компоненты), обладающие большей летучестью, чем этиловый спирт при всех его концентрациях в растворе, и типичные хвостовые (уксусная кислота, фурфурол), коэффициенты ректификации которых меньше 1 во всем диапазоне изменения концентрации этилового спирта от 0 до азеотропной точки.

Поведение промежуточных компонентов с изменением концентрации этилового спирта меняется. При низких концентрациях этилового спирта их коэффициенты ректификации больше 1, и они являются головными компонентами; при высоких концентрациях этилового спирта их коэффициент ректификации меньше 1, и они приобретают характер хвостовых компонентов. Это масляный альдегид, ацеталь, муравьино-этиловый эфир, метанол и т.п.

Летучесть отдельных веществ смеси характеризуется коэффициентом испарения, который представляет собой отношение концентрации данного вещества в паровой фазе к концентрации его в жидкой фазе при нахождении их в равновесном состоянии.

Использование коэффициентов испарения и ректификации дает возможность определять и регулировать в зависимости от спиртуозности перегоняемой жидкости условия накопления в дистилляте тех или иных летучих веществ.

Например, перегонка коньячных виноматериалов на спирт-сырец при атмосферном давлении (содержание спирта от 12,2% об. до 0,03% об.) позволяет частично очистить дистиллят от метилового, бета-фенилэтилового спиртов, уксусной и масляной кислот. В то же время остальные примеси будут головными.

При фракционной перегонке спирта-сырца (спиртуозность снижается с 30,5% об. до 0,03% об.) в первоначальный момент сгонки, связанной с отбором головного погона, дистиллят будет обогащаться метиловым спиртом, уксусным альдегидом, этиловыми эфирами уксусной и каприновой кислот. Вместе с тем изоамиловый спирт и этиловый эфир молочной кислоты являются промежуточными примесями. И только в дальнейшем, по мере сниже-

ния спиртуозности перегоняемой жидкости они приобретают характер головных.

В отличие от констант фазового равновесия для идеальных систем коэффициенты испарения этилового спирта и других компонентов меняются с изменением содержания спирта в жидкой фазе.

Если содержание этилового спирта в кипящей жидкости менее 55% об., то большинство летучих компонентов – изоамиловый спирт, изоамилизова-лериат, амилацетат, амилацетат, этилацетат, метилацетат, акролеин и другие – перегоняются в головную фракцию.

В общем виде можно утверждать, что при более высокой концентрации этилового спирта температура кипения снижается и в дистиллят переходит меньшее количество летучих кислот. С уменьшением концентрации спирта к концу перегонки переход летучих кислот в отгон усиливается.

Наибольшие трудности при проведении процесса перегонки вызывает поведение промежуточных компонентов.

Коэффициенты ректификации в определенной степени позволяют установить порядок перехода различных летучих соединений в дистиллят и барду при перегонке, однако не дают полной расшифровки протекающих процессов. Коэффициенты испарения и ректификации не учитывают совместного нахождения в смеси многих компонентов, степени их взаимной растворимости и растворимости в водно-спиртовых растворах. Вещества, плохо растворимые в спирте-сырце и в виноматериале (эфирные жиры, высшие спирты), перегоняются значительно интенсивнее, чем этанол в определенном диапазоне его концентрации, хотя имеют более высокую температуру кипения, и, наоборот, хорошо растворимые соединения (метанол, этиллактат, летучие кислоты) перегоняются медленнее, чем этанол. Здесь сказывается сродство этилового спирта и воды. Почти все рассматриваемые вещества хорошо растворимы в чистом спирте и плохо или почти нерастворимы в воде. Эти вещества имеют молекулярную массу больше молекулярной массы воды, и при малом содержании спирта происходит перегонка вза-

имно нерастворимых веществ (несмешивающихся жидкостей). Как известно, температура кипения смеси в этом случае всегда ниже температуры кипения чистых компонентов. С увеличением крепости спирта увеличивается растворимость компонентов, уменьшается давление и компонент становится менее летуч.

Одновременно с перегонкой в кубе происходит образование альдегидов, спиртов, кислот, эфиров летучих фенолов и других соединений. Окисление спиртов, прежде всего этилового, приводит к образованию альдегидов – уксусного, изобутилового, изоамилового, бензилового, бета-фенилэтилового и других. Окислительное дезаминирование и последующее декарбоксилирование аминокислот служит источником образования альдегидов, которые содержат на 1 углеродный атом меньше, чем исходная аминокислота.

Возникновение летучих компонентов особенно интенсивно проходит в медных и железных кубах. В этом случае материал куба, так же как и кислотность вина и дрожжевые автолизаты являются важными факторами, усиливающими процесс накопления летучих веществ.

При перегонке коньячных виноматериалов в медных кубах по сравнению с покрытыми луженым серебром или оловом образуется эфиров на 60-100%, альдегидов на 10-15%, фурфурола на 150-200% больше, а дегидратация пентоз протекает полностью.

Существенное влияние на образование летучих веществ при перегонке оказывает продолжительность процесса дистилляции.

Интенсивное влияние на новообразование альдегидов и эфиров оказывает кислотность вина, при этом в кислой среде в присутствии оксикислот могут образовываться лактоны. При нейтрализации вина наблюдается уменьшение количества ацеталей.

Обогащение аминокислотного состава перегоняемого виноматериала путем внесения дрожжевой биомассы или дрожжевых автолизатов приводит к образованию сложных эфиров (этилизобутират, этилизовалериат, этилкапронат, этиллактат, изоамилацетат), высших спиртов (от гексанола до дека-

нола), алифатических альдегидов и других летучих компонентов, участвующих в развитии тонкого букета и вкуса коньяка.

Таким образом, молодой коньячный спирт включает в свой состав большое число соединений – высшие спирты (свыше 10 компонентов), сложные эфиры (свыше 20), алифатические альдегиды (более 10), жирные кислоты (около 10), терпеноиды. В молодом коньячном спирте присутствуют и такие соединения фурановой и пирановой природы, как 5-метил-4-окси-3(2H)-фуранон, 3-окси-2-пиранон и 3,5-диокси-6-метил-4-пиранон, которые образуются при дистилляции.

Решающее значение для формирования коньяка как напитка с присущими ему своеобразным вкусом и ароматом имеет выдержка коньячного спирта в дубовой таре.

Физические процессы при выдержке коньячного спирта представлены экстракцией спиртом компонентов древесины дуба, его поглощением дубовой клепкой и испарением. Величина поглощения определяется пористостью древесины, температурой, крепостью спирта, удельной площадью поверхности бочки. Скорость поглощения возрастает с увеличением давления и снижается по мере роста, вязкости старых спиртов.

Интенсивность испарения зависит от скорости поглощения спирта древесиной дуба, температуры, наличия трещин и микроотверстий в бочке и влажности воздуха. Если относительная влажность ниже 70%, то скорость испарения воды превышает скорость испарения спирта. При относительной влажности выше 70% будет иметь место преимущественное испарение спирта. При 70% относительной влажности скорости испарения воды и спирта равны, в этом случае наблюдается уменьшение объема спирта без снижения его крепости. Повышению скорости испарения способствует и больший воздухообмен в помещении.

Интенсивность экстрагирования веществ из дубовых клепок коньячным спиртом усиливается при понижении его рН и возрастании температуры выдержки. При этом экстрагируются соединения из слоя клепок толщиной до

1 мм, хотя смачивание проходит на большую глубину – 8-12 мм. В более глубокие слои спирт диффундирует в парообразном состоянии.

В процессе выдержки молодого коньячного спирта в контакте с древесиной дуба из нее извлекаются различные вещества, которые затем связываются под воздействием кислорода в химические соединения, придающие коньякам специфические аромат и вкус.

В состав компонентов древесины дуба входят целлюлоза, пентозаны (ксилан и арабан), гексозаны (маннан, глюкан, галактан), гемицеллюлоза и полиуроновые кислоты (глюкуроновая и галактуроновая), липоиды, пектин, камеди, а также таниды, природные красящие вещества, летучие масла, смолы, летучие кислоты, растворимые полисахариды, азотистые вещества, минеральные элементы.

В древесине дуба содержатся нелетучие вещества (эллаготанины, катехиновые танины, экстрагируемые полифенолы), а также активно участвующие в сложных химических реакциях, влияющих на органолептические показатели коньячного спирта летучие компоненты – метилокталактон, эвгенол и ванилин.

Азотистые вещества являются одним из основных компонентов дубовой древесины и принимают участие в сложении букета коньяка. Некоторые аминокислоты – гликол, глутаминовая кислота, фенилаланин, пролин, альфа-аланин экстрагируются из древесины и, вступая в различные окислительные реакции, образуют альдегиды, обладающие характерным, часто очень приятным ароматом.

Из липидов наиболее полно обнаруживаются сложные эфиры пальмитиновой, линолевой и эйкозадекановой кислот, а также эфиры триглицеридов и стеролов. В экстрактах древесины дуба найдены также холестерин и стигмастерин.

Среди веществ, экстрагируемых из древесины, в наибольшем количестве представлены дубильные вещества, лигнин, редуцирующие сахара, и в

меньшей степени – аминокислоты, липиды, летучие кислоты и масла, смолы, а также ферменты.

Древесина дуба содержит природные гидролизуемые фенольные вещества, представляющие собой полиэферы фенолкарбоновых кислот и сахаров, и конденсированные, у которых молекулы соединены одна с другой углеродными связями.

Конденсированные дубильные вещества составляют многочисленную группу и представлены ароматическими спиртами и альдегидами, оксibenзойными кислотами – галловой, протокатеховой, ванилиновой, сиреневой, бета-резорциновой и другими. К этой группе принадлежат также кумарин и его гликозиды, оксикоричная, феруловая, хлорогеновая, кофейная кислоты и их производные, фенольные спирты – кониферилловый, кумариновый, которые образуют полимерные соединения типа лигнина, флавоноиды, катехины и лейкоантоцианы.

Характерным свойством фенольных соединений является способность к окислению, которая возрастает за счет ферментов древесины – глюкозидазы и полифенолоксидазы. Окислительные процессы в коньячном спирте проходят по свободно радикальному механизму с участием радикалов, количество которых по мере созревания спирта увеличивается в 3-5 раз.

Начало окислительного процесса характеризуется автоокислением органических соединений коньячного спирта с накоплением пероксидов и гидропероксидов. Одновременно с возникновением радикалов происходит их рекомбинация. Эти превращения определяются как цепные свободно-радикальные процессы с вырожденными разветвлениями. На начальном этапе происходит образование свободных радикалов, инициирующих цепные реакции. Часть молекул гидропероксидов распадаются на радикалы, а остальные реагируют ионным или молекулярным путем. Образующиеся радикалы инициируют новые цепи окисления, что ведет к вырождению цепей, потому, что гомолизу подвергается небольшая часть (6-10%) молекул гид-

роксидов. Их распад происходит значительно медленнее скорости цепной реакции.

Гомолиз катализируется ионами переменной валентности ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) и происходит, в основном, гетерогенно в тонком слое на внутренней поверхности дубовых клепок. Количество свободных радикалов возрастает также в результате воздействия на дубовую клепку кислорода воздуха, гамма- и УФ-лучей и других факторов. Этот принцип положен в основу разработки новых ускоренных технологий созревания коньячного спирта.

Созревание и старение коньячного спирта сопровождается экстракцией компонентов дуба и их химическим превращением под воздействием кислорода, а также взаимодействием этих соединений друг с другом и коньячным спиртом.

На первом этапе происходит экстракция наиболее легкоизвлекаемых дубильных веществ и их интенсивное окисление, гидролиз гемицеллюлоз и появление ксилозы, арабинозы и глюкозы, образование фурфурола.

На следующем этапе экстрагирование дубильных веществ ослабевает, но происходит их дальнейшее окисление. В условиях более высокой кислотности интенсивнее протекает извлечение и этанолиз лигнина, гидролиз целлюлоз, появляется фруктоза.

С течением времени окисление танидов продолжается с образованием спиртонерастворимых продуктов, а процесс экстрагирования еще больше замедляется.

Определяющую роль в образовании коньяка играют лигнин и продукты его превращений. В процессе длительного хранения коньячного спирта в дубовой таре происходит этанолиз древесины дуба и обогащение спирта этанол-лигнином. Кислоты спирта, содержание которых по мере выдержки спирта несколько возрастает, усиливают этанолиз лигнина.

Этанол-лигнин служит источником образования кониферилового и синапового спирта, которые под действием кислорода превращаются соответственно в конифериловый и синаповый альдегиды. Дальнейшее окисление

этих веществ ведет к образованию ванилина, сиреневого альдегида и других компонентов коньяка, обладающих специфическим приятным ароматом и участвующих в сложении его высоких органолептических свойств. В коньячном спирте обнаружены в свободном состоянии также формальдегид, ацетальдегид, фенилацетальдегид, метилфурфурол.

Выдержанный коньячный спирт содержит 2-окси-3-метил-2-циклопентен-1-он, 2,5-диметил-4-окси-3(2H)-фуранан, 2-оксиметил-5-метил-4-окси-3(2H)-фуранон, происхождение которых связывают с распадом аскорбиновой кислоты, катализируемом соединениями меди. Продукты дегидратации аскорбиновой кислоты обладают приятным ароматом.

Ионы меди играют и другую важную роль – они образуют с жирными кислотами, переходящими в вино из дрожжей и имеющими неприятный запах, нерастворимые соли, появляющиеся в дистилляте в конце перегонки в виде частичек масла зеленого или коричневого цвета, которые легко всплывают на поверхность спирта-сырца, откуда они могут быть удалены. По составу они представляют собой соли меди с масляной, капроновой, каприловой и лауриновой кислотами.

При этом решающее значение принадлежит дубовой древесине. Оно обуславливается двумя факторами – особенностями микроструктуры древесины, на поверхности которой и в порах протекают гидролитические процессы, и генетической связью между ее составом и веществами, образующимися в процессе созревания коньячного спирта.

Накопление эфиров при выдержке коньячного спирта зависит от исходной концентрации в нем кислоты и спирта, а также содержания ранее образовавшихся эфиров и с течением времени постепенно затухает.

Если в среде имеется много эфиров и ощущается недостаток кислот, может наступить деэтерификация, которая приведет к снижению содержания эфиров даже в выдержанном коньячном спирте.

Поэтому, качество коньячного спирта определяется не столько суммарным содержанием, сколько наличием или отсутствием специфических

эфиров. Например, энантиомер эфир играет важную роль в формировании органолептических показателей французских коньяков, придавая их вкусу высоко ценимый мыльный тон.

Считают, что букет коньяка, главным образом, зависит от содержания в нем окталактонов, эфиров жирных кислот и ароматических альдегидов, аромат, вкус и цвет определяются в основном дубильными веществами и низкомолекулярными компонентами лигнина.

Однако состав коньяка не ограничивается этими соединениями, а включает большое число компонентов, среди которых идентифицировано около 500 эфиров, ацеталей, карбоксильных и фенольных соединений, алифатических и ароматических кислот, кетокислот, спиртов, углеводов, сахаров, лактонов, азотосодержащих веществ.

Данные теоретические выкладки могут быть применены с небольшими исключениями к обоснованию технологий таких напитков как арманьяк, виски, ром, текила, мескаль, кальвадос, граппа.

Все отличие технологий этих напитков от технологии коньяка состоит в различном исходном сырье (кроме арманьяка, который, как и коньяк, представляет собой продукт перегонки виноградного вина) для получения перегоняемого виноматериала.

## **2. Применение ферментных препаратов при производстве напитков из растительного сырья.**

С деятельностью ферментов человечество знакомо очень хорошо с глубокой древности, хотя и не догадывалось об этом. Испокон веков люди знали способы приготовления хлеба, вина, пива, сыра, различных соусов, в которых основную роль играют процессы брожения, т.е. процессы вызываемые микроорганизмами и выделяемыми ими ферментами. Промышленное производство ферментных препаратов началось около 100 лет назад. Изначально оно было основано на извлечении ферментов из сырья растительного и животного

го происхождения, а затем для этого начали активно применять микроорганизмы.

Для получения ферментных препаратов пищевого назначения используются органы и ткани сельскохозяйственных животных, культурные растения, специальные штаммы микроорганизмов (плесневых грибов, бактерий). Таким образом, по происхождению и виду сырья их можно разделить на три группы.

Ферментные препараты растительного происхождения извлекаются из папайи, инжира, ананаса, а так же представлены солодом и препаратами на основе солода.

Солод - это искусственно пророщенное зерно, при определенных температуре и влажности. В процессе прорастания в зерновке активизируются ферментные системы, находящиеся до этого в зимогенном состоянии. Эти изменения создают в солодовом зерне мощную ферментную систему, содержащую ферменты широкого спектра действия, в основном гидролазы (амилазы, протеазы, липазы, цитазы и т.д.). При изготовлении солодовых препаратов с помощью растворителей, чаще воды, извлекают ферментные комплексы из солода, вытяжки сгущают и получают солодовые экстракты и сиропы. Препараты на основе солода обладают более ярко выраженной ферментативной активностью по сравнению с солодом.

Ферментные препараты животного происхождения выделяют из различных отделов желудочно-кишечного тракта животных. По сути - это пищеварительные ферменты. Вырабатывают сычужный фермент, пепсин (куриный, говяжий, свиной), трипсин, химотрипсин. Все они являются протеолитическими ферментами.

Ферментные препараты микробного происхождения получают при культивировании специфических микроорганизмов, способных вырабатывать определенные ферменты. В настоящее время большинство ферментов в промышленности получают, используя бактерии и плесневые грибы в специальных аппаратах биореакторах (ферментерах) в жестко контролируемых

условиях. Различают ферментные препараты бактериальные, полученные путем глубинного культивирования бактерий, и грибные, полученные путем поверхностного культивирования микроскопических грибов.

Ферментные системы, используемые при производстве вин, плодово-ягодных соков, безалкогольных напитков необходимы для повышения степени извлечения сока из сырья, осветления и стабилизации вина, соков, безалкогольных напитков, предотвращения окислительно-восстановительных процессов в соках, для инверсии сахарозы при получении безалкогольных напитков. Для достижения этих целей применяют пектолитические, протеолитические, мацерирующие ферменты, глюкооксидазы, каталазы, инвертазы.

При производстве пива по традиционной технологической схеме необходимые энзимные системы содержатся в солоде. Применение ферментных препаратов микробного происхождения (амилоризин П10Х, амилосубтилин Г10Х, амилосубтилин Г20Х, протосубтилин Г10Х, проторизин П20Х, ксилоглюканофоедин П10Х, цитороземин ПХ) позволяет заменить часть солода несоложенным ячменем. Представляет интерес применение щелочной гранулированной протеазы. Для борьбы с холодным помутнением в пивоваренном производстве используются растительные ферменты - папаин, фицин, бромелин, а также грибные (продуцируемые плесневыми грибами рода *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Amylomyces*) и бактериальные (продуцируемые *Bacillus subtilis*) протеазы.

При производстве спирта из зернового сырья для разжижения и осахаривания крахмала активно используют солод, препараты на основе солода и ферментные препараты микробного происхождения с амилолитическим, протеолитическим и цитолитическим действием, например, Зимаджунт НТ-340С, Глюкозим Л-400С .

Гидролизаты желатина используют для приготовления низкокалорийных напитков, где негидролизованный желатин применять нельзя. Процесс гидролиза раствора желатина проводят смесью щелочной и нейтральной протеаз.

образом, применение ферментных препаратов позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшать качество готовой продукции, увеличивать ее выход, экономить ценное пищевое сырье, так как их применение позволяет ускорять одновременно несколько процессов.

### **3. Пивоварение: несоложеное сырье, фильтрация и стабилизация пива.**

В солоде нормального качества ферментов обычно содержится больше, чем надо для того, чтобы полностью расщепить нерастворимые компоненты, в нем содержащиеся. С помощью этого избытка ферментов можно дополнительно переработать крахмал несоложеного сырья, повысив содержание сахаров в сусле.

Основной причиной использования несоложенных материалов остается стремление увеличить выход экстракта при той же засыпи дорогостоящего солода, а также желание придать определенным сортам пива оригинальный вкус.

Несоложенные материалы должны иметь высокую экстрактивность, легко перерабатываться, а также не содержать или содержать минимальное количество веществ, которые, переходя в сусло и пиво, оказывают отрицательное влияние на качество продукта.

Наиболее эффективным является использование таких зернопродуктов, как рис, ячмень, пшеница, кукуруза, сорго, изредка – овес. Переработка рисовой крупы требует больших затрат из-за необходимости проводить ее разваривание.

Чистота и соответствие требованиям на продовольственное сырье – это главные требования, предъявляемые к качеству заменителей солода.

У каждого вида несоложеного сырья свои особенности. Пшеница имеет такой же состав, как ячмень, но является более экстрактивной (содержит 70-76 % крахмала). Добавки кукурузы смягчают вкус пива, риса - придают ему более сухой вкус. Необходимо заметить, что несоложенные материалы прак-

тически всегда изменяют вкус пива, по каким бы соображениям они не добавлялись. В случае применения несоложенки сушло содержит меньшее количество азота и полифенолов.

Наиболее капризным при переработке является рис - его клейстеризованный крахмал обладает высокой вязкостью и легко пригорает. Кукурузные зерна содержат много масла - перед применением их необходимо дополнительно обрабатывать (из зерен удаляются зародыши, содержащие масло). Кукуруза большей частью используется в виде обезжиренных муки, сечки или хлопьев. Рис - в виде рисовой муки или сечки, являющейся отходом рисоочистительного производства. Рисовая сечка содержит небольшое количество жира и много крахмала, что положительно влияет на процесс ферментации.

Чтобы не пострадал вкус пива, можно заменять несоложенным ячменем не более 30 % солода (если солод среднего качества, то не более 15 %). 50 %-ная замена снизит активность  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы в два раза, протеаз - в полтора раза.

При дроблении несоложенных продуктов следует учитывать то, что обычному зерну, по сравнению с солодом, присуща более плотная структура. Внося несоложенный материал, необходимо учитывать различие во влажности и экстрактивности между ним и солодом.

В то же время применение несоложенного сырья экономически выгодно и технологически обосновано. Поэтому при приготовлении 10-11 % светлого пива следует обязательно применять не менее 20 % несоложенного сырья без использования ферментных препаратов. При использовании свыше 20 % несоложенного ячменя применение ферментных препаратов обязательно.

При производстве пива «Жигулевское» допускается использование сахара-сырца в количестве до 6 % массы затираемых зернопродуктов.

В настоящее время в России начали готовить пиво с использованием пшеницы («Русь», 11 % светлое и др.), дрожжей низового и верхового брожения. Действуют пивзаводы большой, средней и малой мощности, а также микро-минипивоварни с суточным выпуском 500-2000 л, оснащенные аппа-

ратами и устройствами не только зарубежного, но и отечественного производства. Широко развивается выпуск напитков типа пива, где часть экстрактивноароматического сырья заменяется на нетрадиционные виды: концентрат квасного сусла («Пикур» и др.), трава стланника («Северное»), полыни горькой («Россер»), плоды черемухи обыкновенной («Черемуховый цвет») и т.д.

Для улучшения коллоидной стойкости необходимо добавлять в пиво *стабилизирующие средства*.

С этой целью пиво обрабатывают ферментными препаратами, химическими веществами или адсорбентами.

Одним из наиболее эффективных способов повышения коллоидной стойкости пива является обработка стабилизаторами, содержащими в качестве активного компонента протеолитические ферменты. В основном стабилизаторы применяют после предварительной обработки пива осадителем или адсорбентом, которые эффективно снижают концентрацию высокомолекулярной фракции белка в пиве и тем самым создают более благоприятные условия для расщепления полипептидов ферментными препаратами с протеолитической активностью.

В отечественной пивоваренной промышленности применяют следующие ферментные препараты: Протосубтилин Г10х, Протосубтилин Г20х, Проторизин П25х, а также Пектофоедин П10х и Целлолигнорин П10х и др. Ферментные препараты добавляют после фильтрования в отделении дображивания, иногда дозируют под давлением в танки перед окончанием дображивания или в напорные сборники перед розливом. Ферментные препараты предварительно растворяют в небольшом количестве пива.

Дозировку ферментного препарата определяют с учетом его активности, содержания азотистых веществ, образующих помутнения, и срока хранения пива. Обычно она колеблется от 1 до 7 г/г л пива.

Для предотвращения окислительных процессов, ведущих к образованию помутнений, также применяют *антиокислительные препараты*,

например, двуокись серы, сульфиты, аскорбиновую кислоту и ее натриевую соль, а также редуктоны, полученные из сахаров в щелочной среде.

Дозировка аскорбиновой кислоты при розливе пива в бутылки вместимостью 0,5 дм<sup>3</sup> со средним содержанием 5 см<sup>3</sup> воздуха в горлышке каждой бутылки 3-5 г/гл.

Добавляют антиокислитель в любой стадии производства после главного брожения.

Наиболее эффективно вводить антиокислители раньше, чем пиво будет находиться в контакте с кислородом воздуха, при этом целесообразно дозирование в два приема: вначале в отделении дображивания и после фильтрования перед розливом.

Под действием адсорбентов и осадителей снижается концентрация белковых и полифенольных веществ.

В качестве осадителей и адсорбентов в производстве пива применяют танин, бентониты, активный уголь, силикагельные препараты.

Танин осаждает высокомолекулярные белки и оказывает значительное стабилизирующее действие.

Бентониты - это силикаты группы монтмориллонитов, их основная составляющая - силикат алюминия. Недостатком применения бентонитов является то, что для обеспечения существенного стабилизирующего эффекта необходимы сравнительно большие дозировки этого средства (100-300 г/гл). В течение неполных 24 ч действия бентонит адсорбирует весь азот, который способен адсорбироваться. Бентонит оставляют на 5-6 сут, чтобы образованные комплексы и адсорбенты образовали плотный осадок и не осложняли фильтрование пива.

Активный уголь адсорбирует азотистые вещества, но с меньшей эффективностью. Он адсорбирует полифенолы, горькие и красящие вещества, и его стабилизирующее действие объясняется прежде всего адсорбцией полифенолов. При дозировке активного угля более 10 г/гл отмечается изменение

качества пива, так как активный уголь адсорбирует также вещества, обуславливающие вкус пива.

Для повышения стойкости пива используют адсорбенты белковых веществ на базе силикагелей. Работать с силикагельными препаратами легче, чем с бентонитами, так как они не набухают, но при внесении в пиво они распыляются.

#### **4. Производство вин, соков, газированных напитков: мацерация, осветление, стабилизация, фильтрация, производство соков с мякотью.**

Ферментные препараты успешно применяются в производстве соков с 1930-х гг. Природное содержание пектинов в ягодах, плодах и овощах относительно высоко, а пектины снижают выход сока. При переработке фруктов и овощей широко используются пектолитические ферменты, специфически расщепляющие пектиновые вещества – пектинэстеразы, полигалактуроназы, пектинлиазы и пектатлиазы. Основной целью в производстве соков и в виноделии является расщепление растворимого пектина и его предшественника нерастворимого протопектина, приводящее к разрушению межклеточной структуры и к существенному увеличению сокоотдачи перерабатываемых фруктов и овощей. Ферментные препараты с пектолитической активностью применяют также для осветления соков, разжижения мезги, мацерации.

Для достижения оптимальной степени смешивания ферментного препарата с мезгой дозировка необходимых количеств препарата должна осуществляться непрерывно. Лучше всего использовать для этой цели специальные дозирующие насосы. При выборе ферментного препарата для обработки мезги решающее значение имеет эндогалактуроназная и эндопектинлиазная активность, а также соотношение эндополигалактуроназной и пектинметилэстеразной активности.

При ферментативной обработке мезги овощей раствор ферментных препаратов в дозировке 0,05-0,1% тщательно смешивают с мезгой и выдерживают при 45-50 °С и значении pH 4,0-4,5 в течение не более 1 ч. Поскольку

у многих видов овощей значение рН существенно выше, для достижения оптимума рН рекомендуется проводить подкисление мезги лимонной кислотой.

Технология ферментативного разжижения является перспективным способом переработки фруктов и овощей, приводящим к получению различных продуктов — от почти прозрачных соков (например, из огурцов или папайи) и соков с мякотью (персикового) до пюреобразных продуктов (например, из яблок, абрикосов), так называемых «жидких фруктов». Полное ферментативное разжижение позволяет получать соки с очень высоким выходом. Хотя в настоящее время эта технология применяется в основном при крупнотоннажной переработке яблок, она представляет интерес и для переработки тех видов овощей и фруктов, которые плохо пригодны для извлечения сока отжимом или для которых еще не разработаны специальные прессы (манго, бананы и т. п.).

Для ферментативного разжижения применяются мультиферментные композиции. Подбором различных ферментов и их активности можно достичь оптимальной степени ферментативного гидролиза мезги, в том числе добиться ее полного разжижения. Для проведения разжижения мезги используют целый комплекс ферментов, в частности пектиназы, эндо- и экзо- $\alpha$ -1,4-глюканазы, целлюлазы, гемицеллюлазы.

Процесс гидролиза протекает в несколько стадий:

- размягчение тканей, являющееся результатом частичного превращения протопектина в растворимый пектин;
- ферментация мезги, в процессе которой происходит практически полный гидролиз пектинов под действием пектинэстеразы, полугалактуроназы и пектинлиазы;
- разжижение мезги, включающее гидролитическое расщепление волокон целлюлозы и полисахаридов клеточных стенок;
- осахаривание, полный гидролиз полисахаридов клеточных стенок до моносахаров.

В зависимости от глубины гидролиза может наблюдаться повышение экстрактивности, титруемой кислотности, выхода сока, усиление аромата, полное осветление сока. Например, поданным фирмы Westfalia Separator AG, ферментативная обработка мезги обеспечивает увеличение выхода сока на декантерах этой фирмы при однократном проходе с 65-76 до 70-80%, а полное ферментативное разжижение — до более чем 90%. Изготовленные с применением ферментативной обработки концентрированные соки из тропических фруктов (содержание СВ 30-50%) характеризуются хорошими вкусовыми характеристиками, практически неизменным ароматом, устойчивостью к потемнению.

Таблица. Применение ферментов в производстве соков.

Ферменты	Функция	Дозировка
Амилазы	Удаление крахмала для улучшения выделения	0,0005-0,002% (масс /об )
	Сока	
Целлюлазы	Повышение эффективности выделения сока	0,0002-0,002% (масс /об )
	Повышение эффективности выделения сока	0 003-0,03%
Пектиназы	Направленное осветление	0,01-0,02%
	Удаление кислорода	20-200 ГОК
Нарингиназа	Устранение горечи цитрусовых	—

*Осветление сока.* Осветление сока предусматривает освобождение сока от взвесей и большей части коллоидных веществ.

Свежеотжатый сок содержит в различных количествах крупные и мелкие взвеси, а также коллоидно-растворимые вещества (пектин, белки, дубильные вещества) и истинно растворимые вещества (сахара и молекулярные соединения).

Осветление соков преследует 3 основные цели:

- предварительное осветление для облегчения последующего фильтрования;
- стабилизация сока от веществ потенциальных мутеобразователей;

- в некоторых случаях улучшение органолептических свойств.

Крупные взвеси состоят из остатков плодовой мякоти и кожицы, каменистых клеток, целых и дробленых семян и т. д. Эти частицы непрочно связаны с жидкой фазой, быстро оседают и легко удаляются механическими методами. Крупные взвешенные частицы ухудшают внешний вид сока, затрудняют его дальнейшую обработку, поэтому их удаляют при производстве всех видов соков без мякоти.

Коллоидно-растворимые вещества длительное время могут находиться во взвешенном состоянии и обуславливают мутность сока. Для получения прозрачного (осветленного) сока необходимо разрушить коллоидную систему сока и удалить не стойко растворимые коллоиды с диаметром частиц более  $10^{-4}$  мм.

Стойкие коллоиды, если они стабилизированы во взвешенном состоянии, не вызывают в обычных условиях помутнение сока, однако, при хранении возможно их взаимодействие между собой, образование крупных частиц, которые вызывают помутнение сока и образование осадка.

Различают способы осветления соков:

- физические (процеживание, отстаивание, сепарирование);
- биохимические (разрушение коллоидов при обработке ферментами);
- физико-химические — разрушение коллоидной системы соков путем добавления реагентов или путем термического воздействия;
- комбинированные.

*Физические способы.* Не приводят к изменению химического состава и коллоидной системы.

*Процеживание.* Для удаления грубых примесей сок процеживают через плотную ткань, специальные мелкоячеистые сита из нержавеющей стали с диаметром отверстий 0,7.. 0,8 мм. Эти способы применяют на небольших предприятиях. При поточном производстве используют щеточные ситовые фильтры.

Отстаивание. Используется только для осаждения крупных частиц. Частицы оседают под действием собственной силы тяжести.

Уравнение Стокса, характеризующее этот процесс, показывает равномерность осаждения взвесей в плодово-ягодных соках. Чем меньше размер частицы и больше вязкость среды, тем медленнее происходит ее осаждение. Поэтому методом отстаивания можно добиться удаления из сока только крупных частиц.

Сепарирование. Основано на отделении взвесей под действием центробежной силы, развивающейся внутри вращающегося барабана, во много раз превышающей силу тяжести.

Изменение частоты вращения барабана в наибольшей степени влияет на величину фактора разделения. Центробежная сила, которая действует на взвеси, также зависит от частоты вращения барабана центрифуги.

Эффект разделения тем выше, чем больше размер частиц и разность плотностей сока и взвесей, чем больше частота вращения барабана. Так как величина частиц взвесей мала и их плотность незначительно отличается от плотности сока, то при конструкции сепараторов для соковой промышленности особое внимание обращают на частоту вращения барабана. В современных сепараторах частота вращения составляет  $6500...7000\text{мин}^{-1}$ .

В зависимости от конструкции сепараторы могут быть:

- осветляющие (для разделения жидкой и твердой фазы);
- разделяющие (для разделения смеси жидкостей на два компонента).

Для очистки соков с содержанием взвесей до 10 % применяют осветляющие саморазгружающиеся сепараторы тарельчатого типа. Разделяющие сепараторы используют только при получении масла из кожуры цитрусовых. Наибольшее распространение в соковой промышленности получили сепараторы А1-ВСЗ, ВМС, Г9-КОВ, фирм «Альфа-Лаваль» (Швеция), «Вестфалия» (Германия).

Если взвесей содержится до 1 %, то можно использовать не саморазгружающиеся камерные сепараторы.

При содержании в соке взвешенных частиц от 5 до 40 % рекомендуется использовать новый тип центрифуг — декантеры. Степень осветления регулируется временем пребывания сока в декантере. Декантеры выпускают фирмы «Альфа-Лавалы», «Вестфалия». Производительность их зависит от вязкости сока, характера разделяемых компонентов, желаемой степени осветления и влажности удаляемых выжимок.

*Флотация.* Флотация — один из методов механического осветления. Твердые частицы удаляются в виде пены, которая образуется с помощью пузырьков газа. Пузырьки газа, который пропускают через сок, адсорбируются на поверхности взвешенных частиц, поднимают их вверх, образуя на поверхности пену. Электрофлотационная пена содержит большое количество взвешенных частиц и представляет собой рыхлую, почти нетекучую массу. Удаление такой пены представляет определенные трудности. Поэтому сначала ее разрушают в пеногасителе, а затем удаляют. Газ получают либо путем электролиза (водород — в электрофлотационном аппарате ЭФА-2), либо он подводится извне (в виде азота в немецкой флотационной установке «Кларифуг»). Для упрощения процесса азот может быть заменен сжатым воздухом. Это не отражается на качестве осветления. При флотационной обработке необходимо, чтобы сок имел низкую вязкость, например, после ферментативной обработки.

*Биохимические способы.* Эти способы основаны на разрушении коллоидных веществ, вызывающих мутность сока (пектиновых веществ, крахмала, белков, полифенольных веществ).

Пектиновые вещества обладают водоудерживающей способностью, образуют гидратную оболочку вокруг взвесей, действуют как защитные коллоиды для взвешенных частиц, задерживают их выпадение в осадок и увеличивают вязкость сока. Поэтому разрушение молекулы пектина способствует отделению и оседанию частиц.

Для осветления соков используют пектолитические ферментные препараты. Под их действием пектиновая молекула разрушается до растворимых в

воде галактуроновых кислот. Для этой цели используют, например, ферментный препарат Пектофоетидин П10Х. Этот препарат содержит, кроме пектолитических и протеолитических ферменты. Обработку можно проводить периодическим и непрерывным способом. В отечественной промышленности преобладает периодический способ обработки.

В сок вносят ферментный препарат в количестве 0,02...0,03 % в виде суспензии. Доза вносимого препарата зависит от содержания пектина в соке, рН и температуры. Для достижения необходимого результата следует соблюдать оптимальные условия действия препарата: рН 3,7...4,0; температура обработки 40...50 ЭС; продолжительность обработки составляет 1 ч при перемешивании. При таких условиях разрушается более 50 % пектина и сок осветляется. Если необходима полная депектинизация, то процесс продолжается более длительное время.

Если мутность сока обусловлена наличием крахмала, то используют амилолитические ферментные препараты. Крахмал содержат соки из летних и незрелых сортов яблок. При тепловой обработке большая часть крахмала клейстеризуется, переходит в раствор и при розливе и хранении может вызвать помутнение сока за счет образования комплексов с полифенолами. Для обработки таких соков используют амилолитические ферментные препараты, например, Амилоризин П10х. Условия обработки: температура 50 °С; рН 4,5...5,5.

При наличии в соке пектиновых веществ и крахмала рекомендуется использовать как пектолитические, так и амилолитические ферменты.

Оптимальную дозу вносимого препарата определяют на основании пробного осветления. Сначала определяют наличие в соке пектина (по спиртовой пробе) и крахмала (по иодной пробе). Затем по количеству образовавшегося сгустка или по интенсивности окраски определяют дозу вносимого препарата. Правильность выбранной дозы проверяют пробным осветлением в пробирках.

Недостатком ферментативного метода осветления является периодичность и длительность обработки (1...2 ч). В последние годы появились работы по непрерывным способам обработки соков. С этой целью используются ферменты, зафиксированные на твердых носителях (иммобилизованные). Нерастворимые комплексы «фермент-носитель» стабильны и сохраняют каталитические свойства ферментов. В качестве носителей используют неорганические и органические вещества. Обработку проводят в специальных реакторах.

*Физико-химические способы.* Используют термическое воздействие на коллоиды и добавление осветляющих реагентов.

*Термическое воздействие.* Термическое воздействие - мгновенный подогрев-охлаждение. Метод основан на коагуляции белковых веществ при нагревании. Подогрев должен сменяться быстрым охлаждением. При таком чередовании ослабляется водосвязывающая способность белков, они оседают и увлекают за собой другие взвеси, однако, пектин, крахмал и другие коллоиды остаются. Такую обработку используют при получении неосветленных соков. Очень важно нагревание и охлаждение провести мгновенно, чтобы не произошло клейстеризации крахмала, но, в свою очередь, температура нагрева должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить коагуляцию белков.

Нагревание соков проводят до температуры 80...90 °С, а охлаждение до температуры 35...40°С . Продолжительность обработки должна составлять 10...20 с. Для этой цели используют трехсекционные трубчатые или пластинчатые теплообменники-пастеризаторы. В первой секции входящий сок нагревается паром или горячей водой до заданной температуры. Во второй секции входящий сок нагревается теплотой выходящего горячего сока. В третьей секции происходит охлаждение. Такая обработка сока может проводиться непрерывно. После охлаждения для удаления скоагулировавших коллоидов и осажденных взвешенных частиц сок сепарируют на тарельчатых сепараторах.

*Осветление реагентами.* Процесс осветления сока при помощи растворов коллоидных веществ называется оклейкой. В качестве оклеивающих веществ используют желатин, бентонит, кизельзоль, танин, поливинилполипирролидон.

*Осветление желатином.* Желатин получают путем кислотного (желатин А) или щелочного (желатин Б) гидролиза животных продуктов (хрящи, кости, кожа), содержащих коллагены. Показателями качества желатина являются его желирующая способность и вязкость раствора.

Для осветления соков используют желатин А, полученный кислотным гидролизом с низкой вязкостью.

Осветление желатином основано на том, что его молекулы имеют положительный заряд, а многие коллоиды сока, такие как пектин, клетчатка — отрицательный. При внесении коллоидных растворов нейтрализуются электрические заряды мицелл природных коллоидов сока, что вызывает выпадение осадка. Наибольшее влияние желатин оказывает на полифенолы, с ними он образует комплексы путем создания водородных мостиков между фенольными, гидроксильными группами полифенола и пептидными группами в молекуле желатина. При небольших количествах желатина наличие в соке пектина препятствует укрупнению комплексов между полифенолами и желатином, а при больших дозах образуются комплексы пектина с желатином и полифенолами. Это затрудняет процесс осветления. Поэтому перед внесением желатина в сок устанавливают дозу пробным оклеиванием. Пробную оклейку проводят следующим образом. В 10 пробирок добавляют по 10 см<sup>3</sup> сока, затем вносят разные количества 1 %-ного раствора желатина: в первую 0,1 см<sup>3</sup> во вторую 0,2 см<sup>3</sup> в третью 0,3 см<sup>3</sup> и т. д. Пробирки перемешивают и выдерживают 15 мин. Оптимальную дозу желатина устанавливают по пробирке, где осветление прошло быстрее и лучше. При получении одинаково хороших результатов в разных пробирках принимают для осветления минимальную дозу.

Доза желатина составляет от 10 до 200 г/дм<sup>3</sup>. Используется желатин в виде 1...10 %-ного раствора, который готовят на умягченной воде или соке. Желатин из расчета 0,1...0,2г на 1 дм<sup>3</sup> холодной воды замачивают в течение 24...48 ч в зависимости от его качества. После набухания желатина, воду сливают, заливают горячей водой (температура 55...60 °С) или соком в таком количестве, чтобы получить 5...10 %-ный раствор. Перемешивают до полного растворения желатина. Лучший эффект осветления дает раствор, выдержанный после приготовления в течение 20...30 ч. Перед внесением в сок раствор желатина разбавляют до 1 %-ной концентрации.

На эффект осветления положительно влияет температура. В промышленных условиях оклейку проводят при температуре 10...12 °С в течение 6...10 ч во избежание микробиологического загрязнения.

Коагуляция коллоидов при использовании желатина возможна только при достаточном количестве дубильных веществ, поэтому желатин применяют в сочетании с другими осветляющими веществами, например, танином, кизельзолом, ферментными препаратами.

*Осветление танином и желатином.* Танин относится к дубильным веществам, легко растворяется в воде. Оптимальные дозы устанавливаются пробным оклеиванием. Количество используемого танина составляет от 5 до 15 г/100 дм<sup>3</sup>. Добавляют танин в виде 1 %-ного раствора, обязательно перед введением желатина. Оптимальная температура оклейки 10... 12 °С.

*Осветление кизельзолом.* Кизельзоль — водный коллоидный раствор кремниевой кислоты мутно-молочного цвета. Частицы имеют размер от 0,1 до 10мкм. Получают кизельзоль из жидкого силикатного стекла подкислением, осаждением из растворов жидкого стекла или гидролизом тетрахлорида кремния в пламени гремучего газа. От способа приготовления зависят размер зерен, знак заряда, удельная поверхность препарата. Абсорбционные свойства кремниевой кислоты, частицы которой состоят из аморфного диоксида кремния, объясняются физическими факторами и химической природой. Осветление основано на электростатическом притяжении положительно

заряженных молекул белка отрицательно заряженной поверхностью адсорбента. Адсорбция также происходит за счет водородной связи между гидроксильными группами диоксида кремния с деметоксилированной карбоксильной группой полиуронидов. Используют кизельзоль с размером частиц не более 0,5 мкм в виде 15 %-ного раствора, преимущественно с отрицательным зарядом. Если используют вместе с желатином, то дозу кизельзоля и желатина определяют пробным оклеиванием. Добавляют чаще всего кизельзоль перед внесением желатина, дозировка его в 10-15 раз больше дозировки желатина. Продолжительность осветления 2...3 ч. В нашей стране этот способ используют для осветления виноградного сока. За рубежом используют как вспомогательное средство при осветлении желатином вместо бентонита. При этом осветление желатином проводится при более высокой температуре.

*Осветление поливинилпирролидоном (ПВПП).* ПВПП — полимерный материал, нерастворимый в воде, кислотах и большинстве органических растворителей. Для осветления используется порошок из синтетической смолы с размерами зерен от 1 до 450 мкм. Хорошо адсорбирует полифенолы за счет образования водородных связей, применяется в дозировках от 50 до 200 г/100 дм<sup>3</sup>. Используется только после предварительного удаления из сока белков и пектинов. Рекомендуются для осветления яблочного сока после ультраfiltrации, которая не обеспечивает полного удаления полифенолов.

*Осветление бентонитом.* Бентонит — природное минеральное вещество из класса глин вулканического происхождения. Это мелкая крупка с размером частиц не более 10 мкм или порошок серовато-желтого цвета без запаха и вкуса. Имеет слоистую структуру, сильно набухает (набухаемость не менее 80 %).

Способность к набуханию зависит от происхождения и химического состава. Натриевые бентониты имеют более высокую способность к набуханию (более 20 см<sup>3</sup> воды на 1 г), чем кальциевые (5-10 см<sup>3</sup> воды на 1 г). Натриевые более эффективны, но при использовании образуют больше осадка и

часть натрия может переходить в сок. Поэтому для осветления соков применяют только определенные виды бентонитов.

Бентонит способен образовывать тонкие суспензии в жидкости, т. е. почти коллоидные растворы, которые имеют отрицательный заряд. Наряду с адсорбцией белковых веществ, бентониты удаляют дубильные соединения. Это связано с тем, что бентонит — слоистый минерал. Он имеет отрицательный заряд на основной поверхности пластин, а их края заряжены положительно. При взаимодействии с положительно заряженными белками заряды коллоидов нейтрализуются, частицы мути склеиваются, укрупняются и выпадают в осадок.

Перед использованием бентонит измельчают до получения тонкодисперсного порошка. Для стерилизации подвергают термической обработке при температуре 180...190 °С в течение 2 ч. Затем порошок заливают 4-х кратным количеством горячей воды с температурой 70...80°С, перемешивают, обрабатывают острым паром 2...4 ч и оставляют для набухания на 8... 12 ч. После набухания смесь перемешивают и готовят 5... 10 %-ную суспензию на соке, который подлежит осветлению. Полученную суспензию фильтруют через сито с диаметром отверстий 2...3 мм. Дозу бентонита устанавливают пробным осветлением. Для виноградного сока расход бентонита должен быть не более 5 г/дм<sup>3</sup>, для яблочного — 1 г/дм<sup>3</sup>.

*Комбинированные способы.* Комбинированные способы используются в том случае, если в соке содержатся разнообразные соединения: полифенолы, белки, пектиновые вещества, крахмал. Осветляющие вещества, как правило, воздействуют только на один из компонентов сока, поэтому для получения осветленного, прозрачного с блеском сока рекомендуется использовать комбинацию различных способов. Это особенно характерно для обработки яблочного сока.

*Осветление ферментными препаратами и желатином.* При осветлении соков, богатых пектином, предварительно необходимо провести ферментативное расщепление пектиновых веществ в течение 25... 30 мин, затем про-

водят обработку 1 %-ным раствором желатина в количестве 0,005-0,02 %, выдерживают 2 ч при температуре 18...20 °С. Для каждой осветляемой партии сока дозировку ферментного препарата и желатина устанавливают пробной оклейкой.

*Осветление ферментными препаратами, бентонитом и желатином.* Сок нагревают до температуры 40...45 °С, вносят суспензию ферментного препарата и выдерживают для ферментативного гидролиза 30 мин при перемешивании. Затем температуру понижают до 15...20 °С и добавляют суспензию бентонита в количестве 2 г/т (0,002 %). Перемешивают 15 мин и добавляют 1 %-ный раствор желатина в количестве 00 1...0,02 г/т, перемешивают 15 мин и отстаивают 1 ...2 ч для осаждения и укрупнения осадка. Возможна и другая вариация — *осветление ферментными препаратами, желатином и кизельземом.* При производстве осветленных соков после стадии осветления соки направляют на фильтрацию.

*Фильтрация сока.* После осветления соки содержат осевшие взвешенные частицы, скоагулированные коллоиды. Для их осаждения сок фильтруют, пропуская через пористый слой, который задерживает взвеси. Различают 3 вида фильтрации: поверхностное, глубокое и адсорбционное.

*При поверхностной фильтрации* задерживаются взвешенные частицы, которые не проходят через самое узкое поперечное сечение капиллярных каналов фильтрующего слоя. Большая часть взвешенных частиц задерживается на входе сока в фильтрующий слой.

*Под глубоким фильтрованием* понимают процесс оседания частиц, которые проходят в фильтрующий слой внутри капиллярных каналов и закупоривают проход.

*При адсорбционной фильтрации* взвешенные частицы задерживаются в капиллярах благодаря электростатическим силам, образующимся при течении жидкости на стенках капилляра, хотя диаметр капилляра больше диаметра частицы.

При осветлении сока возникают все три вида фильтрования. Преобладание того или иного вида зависит от вида фильтрующего материала, толщины слоя, разности давлений, состояния коллоидов, диаметра и количества частиц, температуры жидкости.

В качестве фильтрующих материалов применяют асбест, целлюлозу, перлит, диатомит и их смеси.

Асбест — минерал после специальной очистки, главная его составная часть — силикат магния с тонкими параллельными волокнами.

Целлюлоза — получают из буковой или сосновой древесины.

Перлит — готовится из вулканической породы (силиката алюминия) путем размола с последующим нагреванием. Объем при обработке увеличивается более чем в 20 раз.

Диатомит — остатки панцирей и тел разных форм одноклеточных диатомовых кремниевых водорослей. Степень чистоты, цвет, форма и осветляющий эффект зависят от происхождения и обработки. В зависимости от степени измельчения различают грубую, среднюю и мелкую фракции.

Фильтрующий слой используют в готовом виде или намыывают в процессе фильтрования. В готовом виде применяют фильтр-картон, который представляет собой пластины из сульфитной целлюлозы с добавлением асбеста. Применяют его в пластинчатых фильтрах. Картон марок Т и ТФ применяют для предварительного фильтрования, КФ и КФО для более тонкого фильтрования.

Движущей силой фильтрования является разность давлений по обе стороны фильтрующей перегородки. Под действием этой силы сок и проходит через фильтрующий слой.

На скорость фильтрования соков влияют физико-химические факторы: структура коллоидов и наличие примесей. Особенно заметно влияние молекул пектина и галактоманнана. Они имеют нитеобразную структуру молекул и могут соединяться с помощью ионного мостика в агрегаты. При фильтровании происходит отложение осадка и закупоривание пор фильтрующего

слоя. Образующиеся осадки являются сжимаемыми, пористость их при увеличении разности давлений при фильтровании со временем уменьшается, а сопротивление потоку жидкости возрастает. Чаще всего фильтрование ведут при постоянном давлении 0,04...0,16 МПа при перепаде 0,03. ..0,06 МПа. Если давление выше, то осадок легко сжимается и затрудняется процесс дальнейшего фильтрования.

Для фильтрования используют фильтры, различных конструкций: пластинчатые, намывные и барабанные. Наиболее распространено фильтрование на пластинчатом фильтре (фильтр-прессе) «Прогресс», 112 ВФЕ и др. Перед фильтрованием фильтр-пресс последовательно промывают 0,5 %-ным раствором лимонной кислоты, затем водой. Сок поступает на фильтрование под давлением 0,3 МПа. Первые порции мутного сока возвращаются обратно до тех пор, пока не начнет вытекать прозрачный сок. По мере накопления осадка на картоне, скорость фильтрования замедляется. В этом случае фильтрацию прекращают и перезаряжают фильтр. Замену фильтрующих перегородок производят 2...4 раза в смену в зависимости от мутности сока.

Для обеспечения прозрачности сока устанавливают 2 фильтр-пресса, соединенных последовательно или применяют сдвоенные фильтры, состоящие из двух секций (фильтр фирмы «Зейтц»).

В намывных фильтрах фильтрующий слой образуется при намывании вспомогательных фильтрующих материалов — порошков на влагопроницаемый фильтрующий элемент. Фильтрующим материалом в таких фильтрах является фильтроволокно (смесь асбеста с сульфитной кислотой), перлит, кизельгур (диатомит). Фильтры с диатомитом используются чаще всего для предварительного фильтрования. При таком фильтровании взвешенные частицы задерживаются ситами и глубоким фильтрованием, адсорбцией связывается небольшое количество. В зависимости от вида сока используют диатомит разной зернистости: для яблочного — среднезернистый, для окрашенных соков — крупнозернистый. Перед фильтрованием диатомит намывают на фильтрующий элемент для получения опорного слоя, затем в процессе филь-

трования непрерывно добавляют при помощи дозирующего насоса. Расход порошка составляет: для намыва предварительного слоя  $0,5...1,0$  г/м<sup>2</sup> фильтрующей поверхности; для дозировки во время фильтрации  $0,05...2,0$  г/дм<sup>3</sup> сока. Используют кизельгур Грузинский марок Р и Ф или Инзенский марок А и Б.

Фильтры с кизельгуром в зависимости от расположения фильтрующих элементов бывают горизонтальные (пластинчатые) или вертикальные в виде камер (камерные).

Для фильтрования с кизельгуром чаще всего используют намывные дисковые фильтры Т1-ФПО-6 или рамные РЗ-ФВд-25, барабанные фильтры фирм «Зейтц» (Германия), «Тайло Падован» (Италия).

В последние годы для фильтрации соков используют мембраны. Различные виды мембранной технологии различаются в зависимости от величины пор применяемых мембран: микрофильтрация и ультрафильтрация.

*Микрофильтрация* — процесс отделения взвешенных частиц, частей клеток с размером  $0,1...20$  мкм от жидкой или газообразной среды путем пропускания через мембраны с размером пор  $0,02...0,8$  мкм.

*Ультрафильтрация* процесс разделения жидкой среды на высоко-, средне- и низкомолекулярные соединения с помощью мембран с размерами пор  $0,002...0,2$  мкм, которые пропускают низкомолекулярные соединения и задерживают высокомолекулярные.

Мембраны изготавливают из ацетата целлюлозы, синтетических полимеров (полисульфон, поликарбонат, полиакрилаты и др.), керамики и металла.

*Ацетатцеллюлозные мембраны* менее долговечны и менее химически устойчивы по сравнению с мембранами из синтетических полимеров, менее устойчивы к высоким температурам.

*Керамические мембраны* имеют высокую химическую, термическую и механическую устойчивость, длительный срок эксплуатации.

*Металлические мембраны* изготавливают из металлического порошка или тонкого металлического листа, перфорированного лазером.

Мембраны характеризуются пропускной способностью и избирательностью.

*Пропускная способность*— количество фильтрата, прошедшего за единицу времени через единицу площади рабочей поверхности мембраны .

*Избирательность* - разделяющая способность мембран. Выражается в процентном отношении концентрации вещества в растворе по обе стороны мембраны. Селективность мембран чаще всего определяют по растворам хлорида натрия и сахара.

При ультрафильтрации поток сока подается на фильтрующую перегородку не вертикально (как при обычном фильтровании), а по касательной к поверхности мембраны, поэтому мембраны меньше засоряются и на них образуется меньше осадка. Частицы, не прошедшие через мембрану, непрерывно концентрируются, поэтому они называются концентратом, а прошедший через мембрану сок фильтратом или пермеатом.

При ультрафильтрации отделяются белки даже в виде коллоидного раствора, полисахариды отделяются в том случае, если размеры их молекул больше размера пор мембраны. Но некоторые олигосахариды могут проходить через ультрафильтрационную мембрану, полимеризоваться в процессе хранения и вызывать помутнение сока. Полифенолы проходят через мембрану, полимеризуются, образуют танины, которые при взаимодействии с белками способствуют появлению мути. При ультрафильтрации полностью удаляются дрожжи, плесневые грибы, бактерии, поэтому сок после такой обработки является стерильным. Ультрафильтрационные мембраны пропускают практически все ценные растворимые компоненты сока: сахара, органические кислоты, минеральные вещества, водорастворимые витамины, поэтому пищевая и биологическая ценность сока не снижается. Однако технология мембранного осветления пока не отработана, так при ультрафильтрации из-

меняются органолептические показатели из-за удаления основной части коллоидных веществ.

Мембраны монтируют в разные по конструкции фильтровальные устройства (модули). В настоящее время создано 4 основных типа модулей: пластинчатые, трубчатые, рулонные и из полых волокон.

*Пластинчатые* сконструированы по принципу пластинчатых аппаратов с горизонтальными или вертикальными пластинами. Основной недостаток — трудоемкость замены мембран и высокие потери давления.

*Трубчатые* сконструированы по принципу трубчатых аппаратов. Это трубы длиной до 5 м с внутренним диаметром 12,5...25,4 мм. С внутренней стороны трубы находится фильтрующая мембрана, через которую протекает сок. Модуль может содержать от 1 до 18 труб. Преимущества: интенсивное движение жидкости, простота конструкции, невысокая степень забивания пор. Недостатки: высокий расход электроэнергии и громоздкость.

*Рулонные* состоят из мембранных карманов, в которых находятся слои пористого материала. Их навивают в виде рулона диаметром 12 см и длиной 90 см вокруг перфорированной трубы. Полученный рулон помещают в цилиндр. Преимущества: компактны, расходуют мало энергии, легко заменяются. Недостатки: потеря давления.

Из полых волокон состоят из полимерных полых волокон, собранных в пучки<sup>4</sup>, уложенные в цилиндр и закрепленные с обеих сторон пластинами. Внутренний диаметр полых волокон от 0,6 до 2 мм. Фильтрующий слой может быть с внешней и внутренней стороны. Преимущества: компактны. Недостатки: быстро загрязняются волокна и трудно очищаются, не подходят для фильтрования жидкостей с твердыми частицами.

Модули выпускают с различной фильтрующей поверхностью. Они могут иметь одну, две, три и более секции, которые соединяются параллельно, последовательно или смешанно.

Установка для ультрафильтрации состоит из приемного резервуара для фильтруемого продукта, питающего и циркуляционного насоса, системы мо-

дулей, теплообменника и приборов для измерения температуры и давления. Для ультрафильтрации используют отечественные установки М8-УУФ, «Родник 3» или зарубежные «Гаске» (Франция), «Супер-кор» (Италия) и др.

При использовании ультрафильтрации соки предварительно сепарируют или отстаивают и обрабатывают ферментными препаратами.

Вновь установленные мембраны для удаления консерванта промывают водой с жесткостью не более 1 °Ж при температуре 20... 25 °С. Сок после обработки ферментами и сепарирования собирается в приемном резервуаре, затем при помощи циркуляционного насоса прокачивается через систему модулей. Осветленный сок отводится в питательный сборник. Максимальная температура сока не должна быть выше 30 °С. Максимальное давление не выше 0,98 МПа. Установка непрерывно работает 10 ч, затем промывается умягченной водой, 0,06...0,12 %-ным раствором щелочи и 0,3 %-ным раствором гипохлорита натрия (либо 0,1...0,3 %-ным раствором H2O2 для дезинфекции) в течение 1,5 ч. Затем установку промывают чистой водой в течение 30 мин. После этого она снова готова к работе. Ультрафильтрация заменяет использование осветляющих веществ, фильтрование через фильтр-картон или диатомитовый фильтр и обеспечивает высокую прозрачность сока.

## **5. Спиртовая промышленность: конверсия сырья, рост дрожжей, увеличение выхода спирта.**

Получение спирта из крахмалосодержащего сырья требует предварительного осахаривания крахмала амилолитическими ферментами солода или ферментным препаратом плесневых грибов.

Производство спирта из крахмалосодержащего сырья состоит из следующих операций: 1) подготовки сырья к развариванию, 2) разваривание сырья, 3) осахаривание разваренной массы, 4) размножение дрожжей, 5) брожение осахаренной массы, 6) перегонка бражки.

Зерно поднимают норией 1 (рис. 2.4) в сепаратор 2, где отделяют примеси. Очищенное зерно подают в бункер 3, взвешивают на автоматических

весах 4, измельчают на вальцевом станке 5 и через бункер 6 направляют в чан-смеситель 7, в котором смешивают с водой. Картофель после отделения камней и соломы, отмывания от грязи поднимают элеватором 8, взвешивают на автоматических весах 9 и подают в бункер 10.

### Получение спирта из крахмалосодержащего сырья

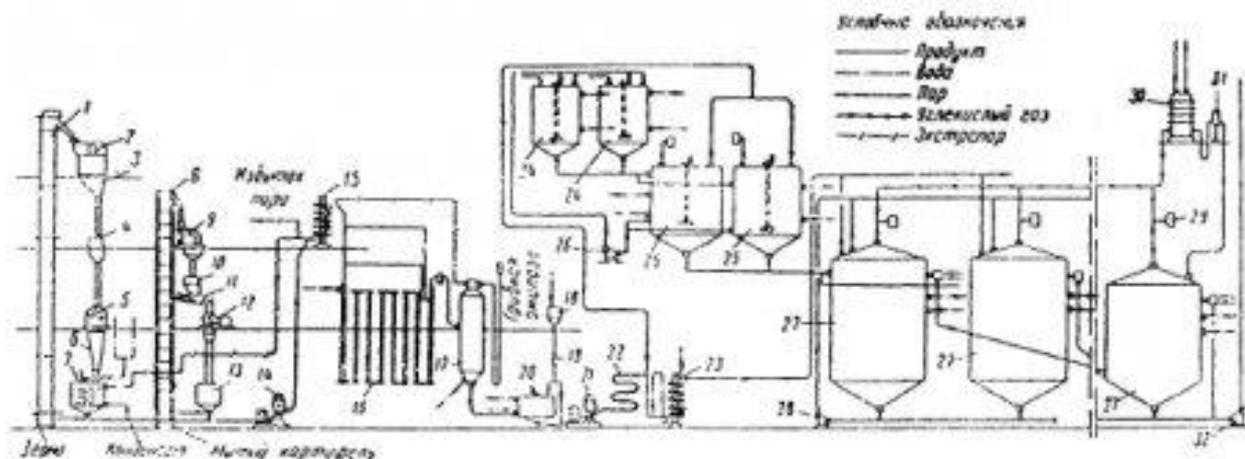


Рис. 2.4. Схема непрерывного производства спирта из зернокартофельного сырья

Из бункера через питатель 11 картофель поступает для измельчения в дробилку 12. Полученную картофельную кашку направляют в чан 13. Замес (смесь измельченного зерна с водой) или картофельную кашку насосом 14 подают через подогреватель 15 в непрерывнодействующий варочный аппарат 16. При разваривании нерастворимый крахмал превращается в растворимый.

Разваренную массу направляют в паровой сепаратор 17, где вследствие самоиспарения масса охлаждается до  $105^{\circ}\text{C}$  и из нее выделяется вторичный пар (экстрапар), который используется для нагрева измельченного сырья в подогревателе. Разваренная масса из паросепаратора поступает в осахариватель первой ступени 20. Рсахаривание производят ферментным раствором или солодовым молоком. При осахаривании крахмал превращается в мальтозу и декстрины. Ферментный раствор или солодовое молоко прибавляют из чанка 18 через дозатор 19 в два приема: одна часть поступает в осахариватель первой ступени, другая - во всасывающий трубопровод перед насосом 21, подающим осахаренную массу в осахариватель второй ступени 22. Из осаха-

ривателя второй ступени осахаренная масса поступает для охлаждения в теплообменник 23 и затем в бродильную батарею.

Часть осахаренной массы поступает для размножения дрожжей в дрожжевые аппараты 24 и возбуживатели 25. Насосом 26 массу из возбуживателя откачивают в дрожжевые аппараты. Дрожжи из возбуживателя и осахаренная масса поступают в первый чан бродильной батареи 27 и проходят через все бродильные чаны. В процессе брожения мальтоза под действием ферментов дрожжей превращается в спирт и углекислый газ; содержащиеся в осахаренной массе декстрины превращаются в мальтозу, которая также сбраживается.

Зрелую бражку из последнего бродильного чана направляют насосом 32 на перегонку. Углекислый газ, выделяющийся при брожении, направляют в спиртовую ловушку 30 для улавливания паров спирта; полученную водно-спиртовую жидкость через фонарь 31 направляют в последний чан бродильной батареи. При стерилизации для освобождения бродильных чанов от бродящей массы устанавливают насос 28.

Бродильные чаны снабжены гидравлическими затворами, предохраняющими чаны от взрыва в случае превышения давления.

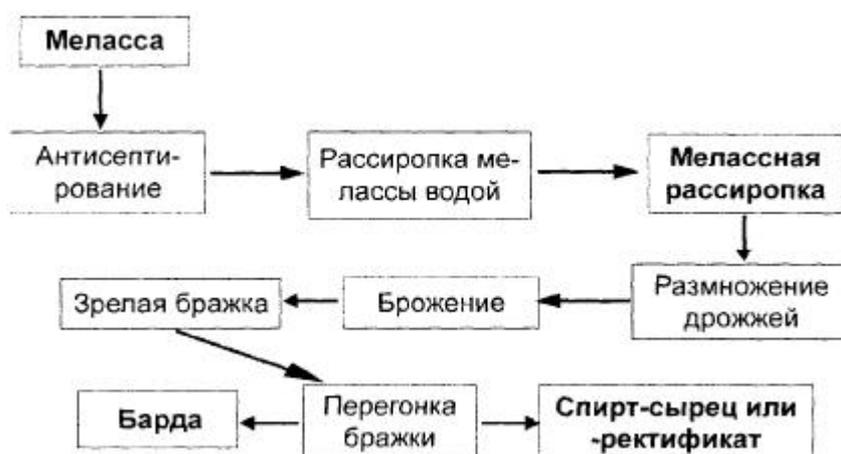
Характерными особенностями мелассы являются:

1. В мелассе содержится около 80% сухих веществ, в том числе 45-50% сахаразы. При такой концентрации микроорганизмы не развиваются, что дает возможность длительного хранения. Для переработки ее нужно разбавлять водой; разбавленная меласса называется рассиропкой.
2. Микрофлора мелассы многочисленна и многообразна. Чтобы избежать побочных процессов брожения и ослабления воздействия микрофлоры, мелассу перед переработкой антисептируют. Антисептирование заключается в обработке мелассы серной или соляной кислотой и другими антисептиками.
3. Главной составной частью мелассы является сахароза, и поэтому осахаривающие средства - солод или плесневые грибы - при переработке мелассы не

требуются.

4. В мелассе содержится недостаточное количество фосфора, необходимое для питания дрожжей, поэтому при переработке мелассы добавляют дополнительное фосфорное питание. Азота в мелассе достаточно для питания дрожжей, но иногда требуется давать азотистое питание (при 1% и менее содержания общего азота)

5. Меласса содержит большое количество несбраживаемых веществ, что затрудняет размножение дрожжей в мелассных рассиропках, поэтому для лучшего их размножения продувают воздух.



Переработка мелассы на спирт осуществляется по схеме: Применяются две схемы непрерывной переработки мелассы на спирт: двухпоточная и однопоточная. Двухпоточная схема предусматривает приготовление сусла двух концентраций (рис. 5.1). Для приготовления дрожжей меласса рассиропливается до концентрации 11-13% св, а для залива бродильных чанов - 33-35% св. При однопоточной схеме (рис. 2.3), разработанной А.Л. Малченко и Ф.Б. Криштул, готовится одна рассиропка концентрацией 22-25% св, в которой вначале размножают дрожжи, а затем проводят процесс брожения. Процесс рассиропки на современных заводах автоматизирован. Мелассу перерабатывают комплексно. Из нее получают спирт и жидкую углекислоту. Из зрелой бражки выделяют дрожжи и выпускают их в качестве хлебопекарных

дрожжей. Из меласной барды получают глютаминовую кислоту, бетаин, глицерин и бардяную золу, на барде выращивают кормовые дрожжи.

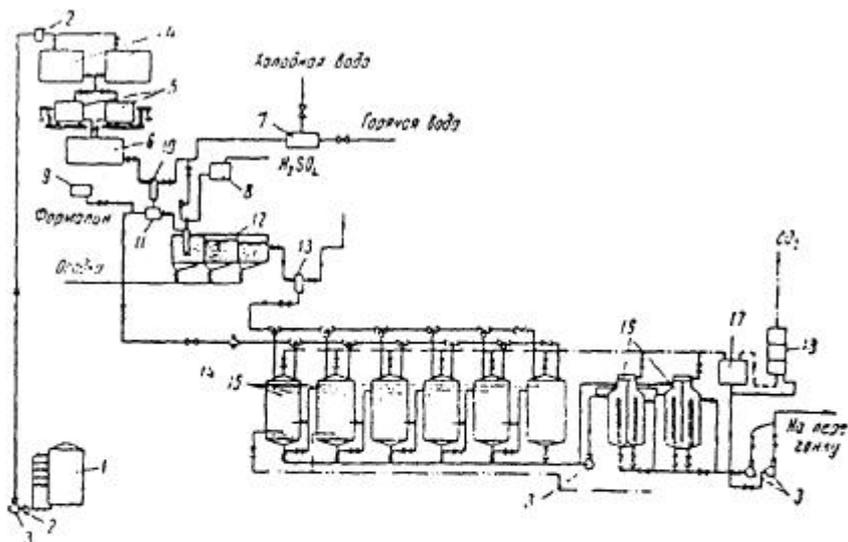


Рис. 5.1. Двухпоточная схема производства спирта из мелассы:  
 1 – бак для мелассы; 2 – ловушка; 3 – насосы; 4 – напорные баки для мелассы;  
 5 – весы для взвешивания мелассы; 6 – сборник взвешенной мелассы; 7 – сме-  
 ситель горячей и холодной воды; 8 – чанок серной или соляной кислоты; 9 – чанок  
 формалина; 10 – рассиропник мелассы; 11 – делитель рассиропника; 12 – баки кис-  
 лотного антисептирования; 13 – рассиропник (11-13% сухих веществ); 14 – расхо-  
 домер; 15 – бродильные чаны первого каскада; 16 – бродильные чаны второго кас-  
 када; 17 – пеноловушка; 18 – спиртоловушка.

Приготовление дрожжей чистой культуры состоит из шести последова-  
 тельных их пересевов в среды, приготовленные из мелассы с добавлением  
 солодового сусли и диаммонийфосфата или ортофосфорной кислоты. С каж-  
 дым последующим пересевом увеличивают объем среды. При работе по однопоточной схеме брожения с каждым пересевом увеличи-  
 вают объем среды, а при двухпоточной схеме концентрация остается посто-  
 янной. Для всех пересевов среду готовят из доброкачественной мелас-  
 сы и солодового сусли, которого берут в количестве 10% к меласной расси-  
 ропке. Солодовое сусли можно заменить мальтозной патокой, которой доста-  
 точно 1 % от количества меласной рассиропки. Концентрация сухих веществ в солодовом сусле должна быть 10-12% по са-  
 харометру. Концентрация сухих веществ в меласной рассиропке при работе  
 по однопоточной схеме брожения показаны в таблице 5.1:

Таблица 5.1

Пересев	1	2 и 3	4	5	6
Концентрация сухих веществ по сахарометру, %	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18

Концентрация сухих веществ в меласной рассиропке при работе по двухпоточной схеме брожения одинакова для всех пересевов - 13-14% по сахарометру.

В питательную среду 1, 2, 3 пересевов фосфорное питание не задается, а начиная с 4-го, добавляют ортофосфорную кислоту или диаммонийфосфат в количестве 0,12% к мелассе, взятой для приготовления рассиропки.

Кислотность сред для первых четырех пересевов поддерживается 0,5°, а для 5-й и 6-й - 0,7-0,8°. На всех стадиях разведения дрожжей поддерживается температура брожения 20-30°C. Меласные рассиропки для первых четырех пересевов и солодовое сусло стерилизуют при 0,5 ати в автоклаве в течение 30 ч, а для 5-го и 6-го, так как объем велик для автоклава, кипятят в течение 1 ч.

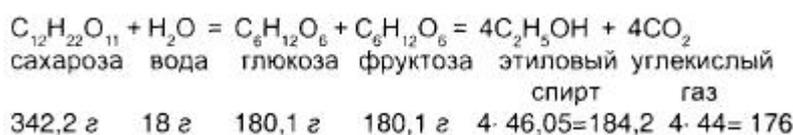
Чистую культуру дрожжей получают из лаборатории чистых культур НИИСП. В пробирку наливают 10 см<sup>3</sup> стерильного солодового сусла, помещают в термостат при 28-29°C. Дрожжевые клетки начинают размножаться, через 4-6 ч их накапливается такое количество, которое можно переводить в больший объем питательной среды - в колбу на 500 см<sup>3</sup>, содержащую 200-250 см<sup>3</sup> стерильной питательной среды. Продолжительность брожения 20-24 ч. Из колбы емкостью 500 см<sup>3</sup> дрожжи переводят в колбу 3 л, где находится 2 л стерильной питательной среды. Дрожжи из этой колбы после двухчасового брожения переводят в 4 трехлитровые колбы равными частями, 3 из них ставят в холодильник для хранения при температуре 4°C. При этой температуре они могут храниться около месяца, не возбуждая брожения и не теряя жизнедеятельности. Четвертую колбу после 16-18 ч брожения переводят в маточник емкостью 25 л, в котором находится 20 л питательной среды. С маточника дрожжи переводят в малый, а затем в большой аппарат чистой куль-

туры. Емкость первого 900 л (750 л питательной среды), а второго 10,0 м3 (5,0 м3 питательной среды).

Малый аппарат чистой культуры заполняется питательной средой тремя порциями (подмолодками); подмолодку задают в момент, когда видимый отброд снижается до 10-11% по сахарометру при работе по однопоточной схеме, а при работе по двухпоточной схеме - до 7-8%. Общая продолжительность брожения составляет 30-36 ч, но при этом получают наиболее здоровые дрожжевые клетки.

Из большого аппарата чистой культуры дрожжи переводят в дрожжегенератор при отбросе 10-11% по сахарометру для однопоточной схемы и 6,5-7,5% при двухпоточной схеме. Продолжительность брожения 18-20 ч. Дрожжи развиваются энергичнее при избытке кислорода, т.е. при аэрировании.

**Выходом спирта** называется объем его в декалитрах (дал), получаемый из одной тонны крахмала или сахарозы, содержащихся в сырье. Расчет можно определить эту величину, используя уравнение получения спирта:



Из уравнения видно, что из 342,2 г сахарозы должно получиться 184,2 г спирта.

Из 100 г сахарозы должно получиться спирта

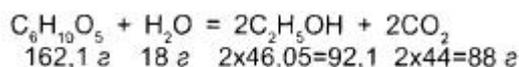
$$184 \times 100 / 342,2 = 53,8 \text{ г}$$

или

$$53,8 / 0,78987 = 68,2 \text{ см}^3,$$

где 0,78927 - плотность спирта d4в20.

Следовательно из 1 т сахарозы должно получиться 68,2 дал спирта. Аналогично подсчитаем количество спирта, которое должно получиться из тонны крахмала.



$$92,1 \times 100 / 162,1 = 56,8 \text{ г}$$

или

$$56,8 / 0,78927 = 71,98 \text{ см}^3$$

Из тонны крахмала должно получиться 71,98 дал спирта. Это теоретический выход спирта.

Фактический выход спирта из тонны крахмала составляет в зависимости от вида перерабатываемого сырья 62-66 дал и называется практическим выходом спирта. Для сравнения выхода из сахарозы с выходом из крахмала делают перерасчет на условный крахмал, который равен 0,95.