

## **Обзор аппаратов и технологических методов для интенсификации массопереноса антоцианов при производстве красных сухих вин**

Асп. Самойленко Д.Н. samoilenko\_d@mail.ru

Кубанский государственный технологический университет

*В статье рассматривается проблема интенсификации процесса массопереноса антоцианов винограда при производстве красных сухих вин. Приведены основные существующие технологические методы и аппараты, дана их оценка. Рассмотрена возможность создания нового аппарата с гидроакустической системой.*

Ключевые слова: красные вина, интенсификация, массоперенос, антоцианы, винификатор, мезга, сусло.

В современном производстве красных сухих вин используют классические методы, основная задача которых наиболее полное извлечение красящих и дубильных веществ из кожицы и мякоти винограда. Приготовление красных сухих вин производится путем сбраживания виноградного сока (сусла) вместе с раздробленной мякотью и кожицей (мезгой). Основные принципы технологии переработки винограда по красному способу заключаются в экстрагировании суслом красящих веществ из мезги с помощью различных способов и аппаратов [1]. Технология натуральных красных сухих вин должна обеспечить извлечение из структурных элементов виноградной грозди требуемого количества соединений, ответственных за окраску и их контролируемое сохранение на всех стадиях приготовления вина. Главную роль в формировании окраски натуральных красных сухих вин играют красящие вещества – антоцианы, которые расположены в кожице и мякоти ягод.

Содержание антоцианов в винограде зависит от энергии фотосинтеза, определяемой интенсивностью освещения листьев солнечным светом. Поэтому, накопление антоцианов проходит в винограде разных сортов неодинаково и зависит от сорта винограда и условий его произрастания. Количественное содержание антоцианов в винограде зависит от многих факторов: структуры почв, продолжительности солнечного сияния, нагрузки, подбора сортов и др., поэтому в винодельческой отрасли очень актуален вопрос максимального извлечения красящих веществ из винограда для соответственного увеличения интенсивности окраски красных вин. Технологический запас антоцианов составляет примерно 32% от общего количества их в винограде, а в процессе брожения в виноматериал переходит 50-75% (300-2000 мг/л) красящих веществ от всего технологического запаса.

Таким образом, в технологическом процессе производства красных вин существуют две актуальные проблемы, требующих решения: извлечение оптимальных для данного типа вина количества красящих и дубильных веществ и обеспечение стабильности этих веществ в винах. Повышение содержания антоцианов в красных винах имеет значение не только для большей привлекательности окраски в соответствии с составом и органолептическими особенностями красных вин, но и для улучшения качества вин во время хранения, созревания и старения. Во время изготовления красных вин красящие вещества остаются извлеченными не полностью, в особенности, если сусло находится в соприкосновении с твердыми частями мезги в течение короткого времени. Все классические и современные способы получения экстрактивных вин основаны на различных методах интенсификации процесса массопереноса антоцианов с различными воздействиями на виноградную мезгу.

Исследования данного процесса [2] показывают, что живые клетки тканей ягоды винограда удерживают содержащиеся в них вещества и после дробления антоцианы выделяются только из разорванных клеток кожицы. Поэтому вино, полученное сбраживанием отжатого из цельных гроздей сока, очень слабо окрашено. Напротив, разрушенные клетки ягод легко отдают окружающей их жидкости, содержащиеся в них вещества, причем антоцианы легко проникают через их оболочки. Способность клеток удерживать вещества уменьшается по мере того, как клетки отмирают вследствие погружения в среду, лишенную кислорода и насыщенную углекислотой, и окраска жидкости прогрессивно усиливается, чему содействуют повышение температуры и обогащение среды спиртом.

Рассмотрим основные типы оборудования и методы, применяемые при производстве красных сухих вин.

Классический аппарат, реализующий технологию приготовления красных вин, это вертикальный аппарат с плавающей шапкой. Аппарат представляет собой цилиндрическую вертикальную емкость, оснащенную загрузочным и выгрузным устройствами и различными устройствами для орошения и перемешивания шапки мезги. Процесс массопереноса антоцианов происходит при поверхностном контакте мезги и сусла.

Наиболее распространен аппарат закрытого типа с плавающей шапкой, так как конструкция аппарата открытого типа допускает активный контакт шапки мезги с воздухом и на сегодняшний день она мало применима.

Для орошения и перемешивания шапки мезги используют различные способы и устройства. По экспериментальным данным Валуйко Г.Г. [1] для хорошего извлечения красящих веществ из мезги достаточно 3–4 раза в сутки по 1 часу производить энергичное размешивание шапки мезги. Для этого применяют сжатый воздух, углекислоту, азот или другой инертный газ, который подается к резервуару по трубопроводам. От трубопроводов к резервуару газ подается по гибким шлангам со специальными трубками для перемешивания, которые вставляются в резервуар через верхний люк и доходят до дна резервуара.

Достоинства аппаратов с газовыми перемешивающими устройствами: конструктивная простота, простота в обслуживании, высокая интенсивность гидродинамического взаимодействия фаз.

Недостатки: перемешивание воздухом снижает качество вин, так как при этом происходит активное окисление красящих веществ, что делает их нестойкими в процессе хранения, удельная высокая стоимость инертных газов и установок для их получения.

К аппаратам, реализующим процесс массопереноса перемешиванием, относится конструкция аппарата с мешалкой реактивного гидродинамического действия. В данном аппарате происходит многократное перекачивание жидкости высокопроизводительным насосом. Кинетическая энергия струи жидкости приводит в движение рабочий орган – реактивную мешалку, вращающуюся на вертикальном валу, который перемешивает, разрушает и измельчает материал.

Достоинства аппаратов с гидродинамическими перемешивающими устройствами: высокая интенсивность гидродинамического взаимодействия фаз. Недостатки: с течением времени затрудняется активное перемешивание шапки мезги из-за роста плотности шапки в процессе брожения, потребность в высокопроизводительном, мощном насосе для привода реактивной мешалки, наличие подвижных и вращающихся механических узлов.

В современном производстве процесс брожения (ферментации) происходит в специальных аппаратах – винификаторах (ферментаторах).

В винификаторах фирмы «Padovan» (Италия) применяют орошение всей поверхности шапки мезги с помощью специального распылителя типа «зонт», который распределяет сусло по всей поверхности мезги.

Преимуществом данной конструкции является: отсутствие подвижных и вращающихся механических узлов, простота конструкции.

В то же время данный способ имеет следующие недостатки: не дает высокой интенсивности массопереноса красящих веществ в сусло из-за слабой интенсивности гидродинамического взаимодействия фаз, не происходит разрушение шапки мезги, происходит накопление уксусной кислоты в верхних слоях мезги.

Из последних конструкций аппаратов с плавающей шапкой важно отметить винификатор «Гейзер» фирмы «Милеста» (Россия). Конструктивной особенностью «Гейзера» является разделение емкости на два отдельных резервуара конусообразной перегородкой — «воронкой» из нержавеющей стали. Перемешивание шапки происходит с помощью выделяющегося при брожении углекислого газа. Под действием нарастающего давления углекислого газа, выделяющегося в процессе брожения, происходит перетекание сусла из нижнего резервуара в верхний. При этом шапка мезги, «расползается» по наклонным стенкам воронки, постепенно разрушаясь. При сбросе углекислого газа, шапка падает обратно в нижнюю часть, соскальзывая по воронке, при этом опять происходит ее разрушение. Достоинства данного аппарата: использование в качестве

рабочего органа для перемешивания продукт брожения (углекислый газ), высокая интенсивность гидродинамического взаимодействия фаз.

Недостатки: не полное использование рабочего объема аппарата, малый объем выделяемой при брожении углекислоты, необходимо восполнять недостаток с помощью генератора инертного газа.

К устройствам, реализующим интенсивное механическое перемешивание шапки мезги, относятся горизонтальные экстракторы фирмы «Diemme» (Италия). Загрузка и выгрузка мезги в данном аппарате осуществляется через люк, перемешивание мезги происходит за счет вращения резервуара и направляющих лопастей внутри резервуара.

Достоинства горизонтального экстрактор «Diemme»: расположение загрузочных устройств выше уровня жидкости, отсутствие громоздкой системы циркуляции и перекачивания мезги, высокий коэффициент использования объема аппарата.

Недостатки: возможность образования пробок и запрессовок материала, высокий удельный расход энергии на перемешивание, возможна забивка устройств для выхода сброженного сусла.

Конструкция винификаторов с погруженной шапкой аналогична конструкции аппаратов с плавающей шапкой, отличаясь тем, что в крытом резервуаре примерно на четверть высоты от верха устанавливается деревянная решетка. После начала брожения шапка собирается под решеткой и ее движение ограничено решеткой. Под решеткой создается давление, и сусли, проходя сквозь решетку, покрывает ее на 25-30 см. Таким образом, мезга оказывается погруженной в бродящее сусли и тем уменьшается опасность уксусного скисания вина, при этом мезга под решеткой сильно спрессовывается, что затем может отрицательно сказаться на окраске вина. Во избежание этого шапку один-два раза в день перемешивают путем перекачивания сусла.

Достоинства винификаторов с погружной шапкой: отсутствие механизмов или подвижных устройств для разрушения шапки, шапка мезги постоянно погружена в бродящее сусли, отсутствие опасности уксусного скисания вина.

Недостатки: происходит спрессовывание мезги, затруднено использование аппарата для хранения вина, было установлено, что количество антоцианов при этом способе извлекается меньше, чем при брожении с плавающей шапкой.

Термовинификатор «Red Hunter» производства фирмы «Padovan» (Италия). Особенностью системы «Red Hunter» является предварительное отделение от мезги жидкой фазы-сусла с помощью барабана-стекателя. Затем происходит нагрев сусла паром до температуры около 60°C с помощью вертикальной теплообменной колонны. После этого горячим суслим происходит орошение стекшей мезги и перемешивание. Такой способ применен для исключения нагрева кожицы и косточек, при котором в сусли выделяются нежелательные вещества. После перемешивания мезги с горячим суслим она подается в специальный реактор, оснащенный медленно

вращающейся вертикальной мешалкой, в котором происходит выдержка в течение 1,5 часа. За это время сусло окрашивается в интенсивно красный цвет, получая из кожицы и косточек необходимые ароматические вещества. После реактора горячая мезга подается в специальный охладитель «Flash Cooler» – емкость, в которой создаются условия вакуума. При низком давлении происходит мгновенное вскипание жидкости и резкое ее охлаждение. При этом происходит интенсивное разрушение клеток кожицы и дополнительное попадание в сусло красящих и ароматических веществ. Иногда, с целью удешевления, для охлаждения мезги применяют обычные теплообменники труба-в-трубе, но наилучший эффект получается с применением вакуумного охладителя «Flash Cooler».

Недостатки: высокая энергоемкость, для использования среднего винификатора необходима мощность порядка 380 кВт/час. Чтобы использовать такую энергоемкую установку в условиях сельской местности, где в основном и расположены винодельческие производства, нужно построить подстанцию, получить лимит на использование 400 кВт мощности.

Ряд исследователей описывают способы, связанные с кратковременным (15-20 секунд) нагревом целого винограда перегретым паром, имеющим температуру 150°C, или воздухом температурой 170°C. При термической обработке винограда исходят из необходимости умерщвления клеток кожицы, в которых локализируются красящие вещества. С этой точки зрения желательнее максимально повышать температуру нагрева, чтобы добиться скорейшего и более полного плазмолиза клеток кожицы. Высокая температура способствует также скорейшему массопереносу и лучшему растворению красящих веществ в сусле. Экспериментальные данные показывают, что достаточно прогреть только кожицу виноградной ягоды до 60°C, чтобы умертвить ее клетки и ускорить этим выход в среду красящих веществ. Идеальным способом термической обработки был бы способ, при котором можно было бы прогреть только кожицу, но не всю ягоду. В этом случае расход тепла мог бы быть сведен к минимуму. Ферментные системы ягоды оставались бы не инактивированными, и после такой обработки не требовалось бы охлаждения. Этим условиям отвечает кратковременная обработка винограда перегретым паром или горячим воздухом. При этом способе обработки дикая микрофлора, находящаяся на поверхности ягоды, полностью уничтожается, и создаются благоприятные условия для жизнедеятельности чистой культуры дрожжей. Как показали замеры температуры с помощью термодпары, вводимой в мякоть обрабатываемой ягоды, прогревание ягоды не происходит (температура непосредственно под кожицей ягоды достигает 60-70°C, а мякоть внутри ягоды не прогревается выше 35-40°C).

Данный способ имеет ряд достоинств: вызывается плазмолиз клеток ягоды, происходит отмывание всех загрязнений винограда, не требуется последующего охлаждения обработанного винограда, так как прогревается только кожица.

В то же время, есть ряд недостатков: высокая энергоемкость, необходимо проводить охлаждение нагретой мезги и при этом, как правило, возникает уваренный тон в вине, происходит инактивация ферментных систем ягоды винограда, прежде всего пектолитических, вследствие этого получаются вина с очень стойкой мутью и происходит разложение других биологически важных веществ.

У европейских производителей высококачественных вин зарекомендовал себя способ холодной мацерации (криомацерация) – процесс перехода красящих веществ при воздействии на мезгу низких температур. Наиболее применим способ обработки мезги введением в емкость с виноградом жидкой  $\text{CO}_2$  для образования сухого льда ( $\text{CO}_2$ ). Процесс проводится на установке, в состав которой входит емкость с виноградом, где происходит их отделение от черенков, и резервуар для жидкой  $\text{CO}_2$ . При этом образование сухого льда происходит в результате подачи жидкой  $\text{CO}_2$  под давлением 20-40 бар через патрубок, расположенному в верхней части емкости.

Достоинства данного аппарата: отсутствие механизмов или подвижных устройств. Недостатки: высокие энергетические расходы на циркуляцию хладагента.

Одним из приемов, способствующих извлечению красящих веществ из мезги в сусло, является ферментация мезги. Внесение ферментного пектолитического препарата в мезгу ускоряет ее ферментацию и обеспечивает более быструю отдачу антоцианов в сусло. Наибольший мацерационный эффект растительных клеток достигается за счет применения мультэнзимных препаратов. К данному классу препаратов – мультэнзимов, относится ферментный препарат «Тренолин Руж ДФ», активно исследованный и применяемый для обработки мезги при производстве красных столовых вин.

Достоинства способа ферментации мезги: отсутствие механизмов или подвижных устройств, применимость при любой конструкции аппарата;

Недостатки: химическое воздействие на клетки ягоды винограда приводит к появлению осадка, разложение биологически важных веществ винограда.

Углекислотная мацерация – это способ проведения брожения в атмосфере углекислоты. Суть способа заключается в том, что в резервуары загружают целые неповрежденные грозди винограда без внесения диоксида серы и проведения перемешивания и закрывают их. Ягоды виноградных гроздей нижнего слоя раздавливаются с образованием сока, который подвергается обычному спиртовому брожению, образуется насыщенная углекислотой атмосфера, в которой и происходит углекислотная мацерация. Постепенно в спиртовое брожение вовлекается вся масса загруженных гроздей винограда.

Достоинства углекислотной мацерации: отсутствие механизмов или подвижных устройств, отсутствие затрат на отделение гребней,

индивидуальные органолептические показатели и высокая экстрактивность вина.

Недостатки: увеличивается время процесса брожения, трудоемкость процесса.

Результаты исследований показали, что обработка низкочастотным электромагнитным полем влияет на состав сусла и виноматериала. Предлагаемый способ состоит в том, что на виноград или мезгу воздействуют магнитным полем крайне низкочастотного диапазона 3-30 Гц или сверхнизкочастотного диапазона 30-300 Гц в течение 5-60 мин при напряженности поля 120-1400 А/м.

Ультразвук применим для интенсификации различных технологических процессов. Винодельческой отрасли ультразвук используется для стабилизации красных сухих вин, увеличивая устойчивость вин к физико-химическим помутнениям [1], экстракции летучих ароматических соединений, содержащихся в белом вине, определения физико-химического состава вина. Разработаны различные виды ультразвуковых экстракторов с корпусом рабочей камеры в виде ультразвукового излучателя [3]. Ультразвук применяется для интенсификации таких пищевых процессов, как: сушка, эмульгирование, посол, маринование пищевых продуктов, приготовление тонкодисперсных суспензий, мойка и очистка.

Достоинства применения ультразвука: ускорение технологического процесса, увеличение коэффициента использования сырья, снижение количества отходов. Эффективность воздействия ультразвука может быть объяснена воздействием следующих факторов, присущих ультразвуковым колебаниям: кавитационный эффект, разрушающее действие на пограничный слой и клеточную структуру, образование микропотоков, повышение диффузионной проницаемости ткани материала.

Методы интенсификации технологических процессов, основанные на генерировании колебаний в обрабатываемой среде, рассматриваются как перспективные [4, 5, 6]. Для генерирования ультразвуковых колебаний используют разнообразные преобразователи. Наиболее широко известен ультразвуковой аппарат типа УПХА.

Аппарат состоит из колонны с рубашкой, собранной из магнитострикционных цилиндрических преобразователей, загрузочной емкости и насоса.

Достоинства ультразвукового аппарата УПХА: равномерность обработки слоя материала.

Недостатки: необходимость перемещения всей массы материала, высокая удельная мощность излучателей.

Из рассмотренных выше конструкций и способов интенсификации процесса массопереноса антоцианов многие широко используются в современных производствах в России и за рубежом. Наряду со своими многочисленными достоинствами они имеют определенные недостатки по различным параметрам: недостаточная интенсивность гидродинамического взаимодействия фаз, нет разрушения спрессованной шапки мезги, большая

энергоёмкость и металлоёмкость, окисление красящих веществ, высокий расход инертных газов.

На основе анализа данных конструкций и технологических методов, применяемых в процессе приготовления красных вин, а также анализа практического использования их на винодельческих заводах Краснодарского края, рассматривается возможность создания нового аппарата. Предлагается интегрировать в одной конструкции процессы гидродинамического перемешивания и акустического воздействия на мезгу. Таким образом, винификатор с гидродинамической акустической системой сможет объединить достоинства и исключить недостатки используемых ранее конструкций аппаратов и позволит интенсифицировать процесс массопереноса антоцианов с помощью гидроакустических воздействий.

### **Список литературы**

1. Валушко Г.Г. Биохимия и технология красных вин. М.: Пищевая промышленность, 1973. 296 с.
2. Соболев Э.М. Технология натуральных и специальных вин. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. 244с.
3. Хмельов В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве. Научная монография. Алт. гос. техн. ун-т. им. И.И. Ползунова. Барнаул: изд. АлтГТУ, 1997. 160 с.
4. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии. М.: Химия, 1990. 208 с.
5. Кардашев Г. А., Михайлов П.Е. Тепломассообменные акустические процессы и аппараты, М., Машиностроение, 1973. 223 с.
6. Промтов М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества, М.: Машиностроение-1, 2004. 136 с.

## **The review of apparatus and technological methods for mass transfer anthocyanins intensification in red dry wine production**

The post-graduate student Samoilenko D.N. samoilenko\_d@mail.ru

Kuban state technological university

*The subject mass transfer wine anthocyanins process intensification in red dry wine production is considered in this article. The basic existing technological*

*means and apparatus are shown and their estimation is given. Possibility of creation of new apparatus with a hydroacoustic system is considered.*

Keywords: red wine, intensification, mass transfer, anthocyanins, fermenter, fiber, must.