

# Мы IntechOpen, ведущим мировым издателем Книги в открытом доступе Создано учеными для ученых

5100

Доступны книги в открытом доступе

126 000

Международные авторы и редакторы

145M

Загрузки

Наши авторы входят в число

154

Страны доставки в

ТОП 1%

самые цитируемые ученые

12,2%

Авторы из 500 лучших университетов



WEB OF SCIENCE™

Подборка наших книг, проиндексированных в Индексе цитирования книг  
в Web of Science™ Core Collection (BKCI)

Заинтересованы в публикации у нас? Обращайтесь  
по адресу [book.department@intechopen.com](mailto:book.department@intechopen.com)

Цифры, показанные выше, основаны на последних собранных данных.

Для получения дополнительной информации посетите [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)



# Химия и технология выдержки вина на дубовой щепе

*Маурицио Петроцциелло, Тициана Нарди, Андриани Аспроуди, Мария Карла Краверо и Федерика Бонелло*

## Абстрактный

Использование древесной щепы — обычная практика виноделия, разрешенная в Европе с начала 2000-х годов. Использование дубовой щепы или других продуктов, заменяющих древесину, не всегда положительно воспринималось как производителями, так и потребителями вина. Однако, помимо возможного неправильного использования, древесная щепа является полезным инструментом для оптимального достижения многочисленных энологических целей, включая извлечение определенных летучих соединений с запахом из дубовой древесной щепы, а также соединений, улучшающих качество вина. В этой главе рассматриваются основные энологические способы использования дубовой щепы, химические превращения, лежащие в основе этой практики, и влияние их использования на качество вина. Последний аспект касается основных композиционных и органолептических различий между винами, выдержанными в бочках, и винами, выдержанными с использованием альтернативных продуктов.

**Ключевые слова:** дубовая щепа, альтернативные продукты, летучие соединения, дубильные вещества, выдержка вина

## 1. Введение

Использование древесной стружки в производстве вина было задокументировано во Франции с девятнадцатого века. Необычной, но хорошо известной практикой было улучшение органолептических характеристик некоторых вин с помощью необожженной щепы дубовой древесины или сервизов [1]. Современное использование древесных фрагментов в виноделии началось в новых винодельческих странах в начале 1960-х годов [2]. В 1993 году США регламентировали использование таких продуктов в энологии. В Европе против их использования выступали до начала 2000-х годов, но, наконец, в 2006 году Регламент (ЕС) № 1507/2006 Комиссии разрешил использование кусков дубовой древесины в энологии, что позволило европейским производителям конкурировать в быстро развивающемся мире. рынок. Новый Делегированный регламент ЕС 2019/934 [3] в настоящее время регулирует использование дубовой щепы в энологии, которая используется для нескольких технологических целей.

Основная причина, поддерживающая более широкое использование древесной щепы в производстве вина, была в основном экономической. Стоимость древесной щепы значительно ниже стоимости деревянных бочек. Производство древесных фрагментов осуществляется по технологиям промышленного типа и поэтому обходится значительно дешевле, чем кустарная обработка бочек. Кроме того, древесина, хотя и принадлежащая к одному и тому же ботаническому виду, в случае бочек добывается из наиболее ценной части ствола, тогда как древесные фрагменты обычно извлекаются из менее ценных частей или остатков ствола. *баррик* производство.

В настоящее время древесные фрагменты представляют собой возможность для производителей вина разнообразить свою продукцию, чтобы удовлетворить различные потребности рынка. С технологической точки зрения энолог может выбрать размер кусочков древесины, продолжительность контакта с вином и момент применения.

С другой стороны, те же причины, которые способствовали распространению древесной щепы в виноделии, также препятствовали ее принятию с точки зрения регулирования. Действительно, как упоминалось выше, снижение затрат связано с использованием дубовой щепы, получаемой за счет придания вину древесного оттенка без необходимости использования

бстрелки; однако без надлежащего регулирования это может привести к мошенничеству. Если такое вино предлагается как вино, Овыдержанное в бочках [4, 5], ложное использование указаний о качестве на его этикетке представляет собой

рфасылает подделки, что наносит ущерб потребителям и законным производителям. поэтому Т задача различения вин, полученных с использованием того или иного метода очистки, особенно ТЭажна, даже если она осложняется множеством вовлеченных переменных. Однако столь же очевидно, что в связи с необходимостью контроля как для защиты прав потребителей, так и для оценки качества необходимо постоянное совершенствование методов исследования, как аналитических, так и органолепических, позволяющих отличить вина, выдержанные в бочках, от вин, обработанных чипсами или альтернативными методами. лес.

## 2. Альтернативные продукты в энологии

### 2.1 Выбор дерева

Действующее европейское законодательство предусматривает, что древесина, используемая в виноделии, должна поступать исключительно из *Quercus* рода, поэтому использование альтернативных продуктов, полученных из древесины другого ботанического происхождения, не допускается. С технологической точки зрения древесина дуба, безусловно, является наиболее подходящей для хранения и выдержки вина благодаря ряду положительных технологических характеристик, таких как природная прочность, пористость, стойкость, высокая степень водонепроницаемости, низкое содержание воды, а также большое количество экстрагируемых соединений, полезных для положительной эволюции вина. Существует около 600 видов дуба, но лишь немногие из них используются в энологических целях [6]. Наиболее часто используемые европейские виды в энологии: *V. сидячий* (или же *Петрея*) а также *V. робур* (или же *ножка*), которые обычно растут смешанно на одном и том же участке. Реже, *V. пиренаика* принадлежат к одному роду и в основном

Спреад между Пиренейским полуостровом и западной Францией [7] используется для целей Пвиноделия. Американская древесина в основном из *V. Альба* (Белый дуб), но и несколько других Свидов, а именно, *V. макрокарпа* а также *V. лилата* могут быть полезны для целей виноделия [6]. [Различия между видами в основном касаются содержания экстрагируемых соединений из древесины, эллагитаннинов (как правило, выше в европейском дубе) и летучих ароматических соединений, а именно лактона виски (присутствует в большем количестве у американских видов). Композиционные различия между отдельными деревьями, обусловленные лесными условиями и анатомическим расположением древесины или экспозицией, могут иметь большее значение, чем различия, обусловленные ботаническим или географическим происхождением дуба.

### 2.2 Типы альтернативных продуктов и приложений

Древесная щепа дуба, используемая для энологического использования, представляет собой небольшие кусочки древесины размером от минимум 2 мм (иногда называемые гранулятом, табаком или древесным рисом) до примерно 20 мм (иногда называемые стружкой). *коло*, или фрагменты) и продаются отдельными упаковками по несколько кг. В соответствии с делегированным Регламентом Комиссии -EU- 2019/934 от 12 марта 2019 г. - (Приложение 7) [3] производители различают продукты в зависимости от степени нагрева, предлагая их наилучшее использование на разных этапах процесса. Дозы варьируются в среднем от 0,5 до 4 г/л.

для производства белого вина и от 1 до 6 г/л для производства красного вина, что является сбалансированной и ориентированной обычной дозировкой 2 г/л. Небольшие размеры гарантируют высокую обменную поверхность, и, следовательно, время рафинирования ограничено диапазоном от 4–6 недель до нескольких месяцев, в зависимости от размера [8].

В настоящее время рынок предлагает множество альтернатив классическим древесным фрагментам. Часто они представляют собой продукты большего размера, чем обычные чипсы, и могут более эффективно имитировать старение в бочках. Коммерчески они называются кубиками, бобами, блоками, домино, сегментами и так далее. Ксокеры представляют собой деревянные сферы небольших размеров, размером  $\Phi$  в сантиметрах в диаметре. Дозы варьируются, обычно от 2 до 4 г/л. Время Т инфузии варьируется от 1 до 6 месяцев.

Дубовые клепки, миниклепки и палки представляют собой деревянные рейки или цилиндры разного размера от нескольких сантиметров до метра в длину, шириной от 25 до 75 мм и толщиной от 7 до 18/22 мм. Коммерчески они обозначаются по-разному, но все эти продукты имеют одну и ту же энологическую цель — оптимально имитировать выдержку в бочке. Рекомендуемые дозы для более мелких составляют 1–5 г/л в течение примерно 6–12 месяцев контакта. Иногда дозы указываются как площадь дерева/объем вина.

Изделия размером менее 2 мм не разрешены европейским законодательством [3], но могут использоваться производителями NewWorld и иметь коммерческое название пыли или муки. Небольшой размер древесины значительно увеличивает поверхность обмена с вином и, следовательно, процессы экстракции ароматических соединений и дубильных веществ проходят очень быстро (от 15 дней до 4 месяцев). Таким образом, стоимость лечения чрезвычайно низка из-за низкой стоимости продукта и ограниченных количеств, которые используются. Преимущество дубовых порошков заключается в том, что их можно перекачивать вместе с вином во время перелива; однако его гораздо труднее удалить из вина, чем стружку или клепку. Дозы варьируются от 0,5 до 2 г/л вина.

Все эти продукты могут использоваться на разных этапах виноделия и для различных целей. Как правило, необжаренная свежая щепка или слабообжаренная древесная щепка используются на ранних стадиях виноделия для стабилизации цвета, улучшения экстракции антоцианов в молодых винах и их цветовых характеристик во время стабилизации вина [9]. Поджаренные продукты можно использовать как во время спиртового брожения, так и после окончания яблочно-молочного брожения.

Использование альтернативных продуктов предполагает, что необходимо учитывать огромное количество переменных, включая породу древесины, размер и форму фрагментов, способ выдержки древесины, степень обжаривания, момент использования во время виноделия, выдержку и время контакта, а также взаимодействия с дрожжами и бактериями, участвующими в виноделии. Основные технологические переменные рассматриваются ниже.

### **2.3 Технологические факторы, влияющие на качество продукции**

Как правило, древесина, используемая для альтернативных продуктов, получается из остатков процесса изготовления бочек, особенно при производстве гранулята или щепы. Это не незначительная часть древесины дуба, а почти 50–75% от общего объема производства, в зависимости от способа производства бочковой клепки, т. е. традиционного путем колки или опилками. В противном случае древесину дуба получают из деревьев небольшого диаметра или имеющих некоторые физические дефекты [10]. Иногда, например, для качественных альтернативных клепок используют ту же древесину, из которой производят бочки. Во всех случаях для получения качественного продукта необходимо уделять особое внимание фазам выдержки, которые должны протекать в наилучших возможных условиях [1]. Высушивание – это фундаментальный процесс, используемый для устранения избыточной воды, присутствующей в древесине, с 70% до примерно 14–18% [11]; ее можно проводить естественным путем, как альтернативу, путем принудительной сушки.

Во время естественной выдержки деревянные доски укладываются на открытом воздухе на переменный период, который зависит от толщины и составляет примерно 2–3 года. Рейки периодически увлажняют для удаления путем выщелачивания излишков вяжущих и горьких соединений, таких как дубильные вещества и кумарины, присутствующих в древесине [12, 13]. Кроме того, ослабляется присутствие неприятных соединений, в первую очередь *транс*-2-ноненаль, придающий древесине оттенок свежей влажной древесины. С микробиологической точки зрения этот процесс способствует развитию разнообразной микрофлоры на поверхности древесины, что способствует образованию фунгицидных

Свеществ, преобразование фенолов древесины и, в конечном счете, выделение некоторых Тароматических предшественников древесины [14, 15]. В связи с этим количество эвгенола значительно Си уменьшается во время этого процесса, в то время как другие ароматы, такие как ванилин или дубовый ЛЯтатон (см. раздел 3.1.1), подвержены противоположным явлениям неосинтеза ароматических Фр предшественников и деградации или вымывания во время выдержки [16].

Искусственная приправа позволяет снизить затраты и значительно сократить время обработки. Однако естественная выдержка приводит к большему накоплению в древесине пахучих соединений, в частности, летучих фенолов, фенольных альдегидов, фурановых соединений и др. *цис*- а также *транс*- $\beta$ -дубовых лактонов по сравнению с искусственными приправами, он также оказался более эффективным в снижении избытка дубильных веществ, присутствующих в древесине [17]. Потеря некоторых важных соединений при искусственном выдерживании, таких как полифенолы и некоторые ароматические соединения (лактоны, фенолы, жирные кислоты и норизопреноиды), а также образование фурановых соединений, образующихся в результате разложения гемицеллюлозы, пропорциональна исходному содержанию влаги. древесины вместе с температурой сушки [18]. Хотя эти различия, безусловно, имеют значение, влияние размера куска древесины и интенсивности обжаривания на летучий состав альтернативных продуктов выше, чем способ приправы, то есть естественный или искусственный [10].

После выдержки необходимо удалить остаточную заболонь и кору, состав которых сильно отличается от сердцевины, самой ценной части древесины. Затем древесину дуба обрабатывают, чтобы уменьшить ее до наиболее подходящего размера, и в конечном итоге обжигают. Во время обжаривания происходят многочисленные превращения, такие как частичная деградация полиозидов древесины, что, в свою очередь, приводит к образованию многочисленных пахучих соединений. В то же время большая часть дубильных веществ подвергается деградации, степень которой зависит от степени обжаривания. В отличие от производства бочек, поджаривание альтернативных продуктов, как правило, An простой, автоматический процесс. Технологические решения для их поджаривания разнообразны и Авключают: непосредственный контакт кусков дерева с соответствующим образом нагретой поверхностью; с помощью струи нагретого воздуха; облучением ИК-лучами, что не позволяет Дподжаривание кусочков; при прямом контакте с пламенем, используется почти исключительно для производства альтернативных нотоносцев. Необходимо учитывать два основных преимущества: первое — снижение производственных затрат; во-вторых, стандартизация с точки зрения качества. Степень обжаривания альтернативных продуктов такая же, как и у деревянных бочек; поэтому их можно различить как неподжаренные или с легкой, средней или высокой (сильной) степенью поджаривания. Однако эта классификация не является абсолютным эталоном, поскольку технологии, используемые отдельными компаниями, могут существенно различаться [19].

### 3. Химия дубовой щепы

#### 3.1 Общий состав древесины дуба

С эннологической точки зрения наибольший интерес представляет сердцевина дуба. В его химический состав входят три большие группы соединений.

Первый состоит из определенных полимеров, составляющих клеточную стенку и срединную пластинку вегетативных клеток, выполняющих опорные функции. Вторую группу составляют несколько экстрагируемых веществ, накопленных при естественном преобразовании заболони в сердцевину, а также дубильные отложения, защищающие от паразитов растений. В третью группу в меньших количествах входят несколько сложных остатков клеточного метаболизма: аминокислоты, жирные кислоты, терпеновые соединения, каротиноиды и различные минералы [20, 21].

С количественной точки зрения основными компонентами сердцевины дуба являются целлюлоза (40–45 % от сухого веса), гемицеллюлоза (20–25 %) и лигнин (25–30 %). преобладающая часть древесины. Эти полимеры образуют трехмерную структуру, улавливая целлюлозу в нерастворимой и жидкой матрице из лигнина и гемицеллюлозы, что придает древесине ее типичные технологические характеристики.

С химической точки зрения целлюлоза представляет собой кристаллический гомополимер, состоящий из звеньев глюкозы. 1,4-β-связанная, имеющая среднюю молекулярную массу 10<sup>6</sup>Da соответствует 10 000–15 000 единиц моносахаридов. Гемицеллюлоза представляет собой сложный полимер, который может содержать пентозы (β-d-ксилозу, α-1-арабинозу), гексозы (β-d-маннозу, β-d-глюкозу, α-d-галактозу) и уроновые кислоты [22]. Структурно он выполняет две функции: связывает микроволокна целлюлозы и укрепляет клеточную стенку. Стоит отметить, что как концентрация, так и структура этого полимера различаются между заболонью и древесиной. Наконец, лигнин, который со структурной точки зрения является полимер кумарилового спирта отвечает за типичные механические свойства древесины, делая ее более устойчивой как к химическому, так и к биохимическому разложению. Что касается механических свойств древесины, то, как и для гемицеллюлозы, обнаружены структурные различия между лигнином заболони и лигнином сердцевины [22]. Средний состав конструктивных полимеров может значительно различаться в зависимости от различных факторов.

В связи с этим следует отметить, что состав древесины в пределах каждого дерева сильно различается и зависит от локализации и анатомического положения тканей. В частности, концентрация дубильных веществ выше в стволе и у основания дерева [19]. Расстояние от центральной части ствола влияет на химический состав и, следовательно, на технологические характеристики древесины [23]; устойчивость к термообработке, например, зависит от того, являются ли части древесины центральными или радиальными. Эти аспекты очень важны с технологической точки зрения, поскольку древесина, используемая для производства альтернативных продуктов, обычно добывается из

деталей, отличных от тех, которые используются для производства стволов.

Наконец, как скорость роста, так и ботаническое происхождение сильно влияют на химико-физические характеристики древесины. Медленный рост приводит к мелкозернистой, менее плотной древесине, которая обладает большей устойчивостью и, прежде всего, богаче экстрагируемыми соединениями, тогда как быстрый рост приводит к образованию средне- или крупнозернистой древесины. Что касается ботанического происхождения, то основные различия касаются содержания дубильных веществ, которое обычно выше в сердцевине европейского происхождения, и летучих соединений (лактонов, норисопреноидов, сесквитерпенов и жирных кислот), обычно более распространенных в сердцевине европейского происхождения. В. Альбадревесина [19].

## 3.2 Летучие соединения

### 3.2.1 Летучие соединения дуба

β-метил-γ-окталактон входит в число ароматических соединений, составляющих меньшинство, но он играет решающую роль с органолептической точки зрения. Это натуральный лактон, присутствующий в свежей древесине дуба, который характеризуется интенсивными нотами кокоса, сельдерея и выпечки с очень низким порогом восприятия. Его также называют лактоном виски или дубовым лактоном, потому что он был впервые обнаружен в 1970-х годах в составе виски и

вскоре после этого в древесине дуба, используемой для их переработки [24, 25], образуется дубовый лактон в результате циклизации 3-метил-4-гидроксиоктановой кислоты. Это соединение присутствует в древесине дуба в виде предшественника гликоконъюгата, а именно галлоилглюкозида, глюкозида и производного рутинозида [26, 27], и может подвергаться гидролизу как во время операций приправы, так и во время тостов или во время созревания вина в контакте с древесиной дуба.

Со структурной точки зрения лактон дуба представляет собой молекулу с двумя хиральными атомами углерода, поэтому возможны четыре различные оптические конфигурации. Только два **У**реоизомеры дубового лактона присутствуют в древесине дуба [28], «*цис*изомер с конфигурацией (3S, 4S) и «*транс*изомер с конфигурацией (3S, 4R). С сенсорной точки зрения «*цис/транс*» сильно влияет на аромат вина, так как *цис*изомер в несколько раз сильнее пахнет, чем *транс*изомер [29]. форма более многочисленна в *V. Альбачем* у *С*вропейских дубов, а среди последних *цис*изомеров больше в *V. Петреячем* в *V. робур* [30]. *цис/транс* соотношение лактонов составляло около 3,5 и 1 в американских или французских винах, обработанных дубовой стружкой, соответственно [31]. Интересно отметить, что способ выдержки (щепы или бочки) не влиял на это соотношение, связанное с происхождением дуба [32].

Как правило, этого соединения больше в древесине американского дуба. Недавняя работа показала, что вина, мацерированные *сВ. пиренаика* щепы показала уровни дубового лактона и других соединений, связанных с древесиной, более похожие на мацерированные с щепой из французского дуба и более низкие, чем у американской щепы [33].

К числу ароматических соединений из свежей древесины дуба, оказывающих существенное влияние на аромат вина, можно отнести эвгенол, который характеризуется типичными гвоздичными нотками и присутствует в небольших количествах, особенно в заболони [34]. Другой важной группой встречающихся в природе соединений являются норисопреноиды [35]. Эти соединения образуются в результате деградации каротиноидов и ксантофиллов, присутствующих в древесине. Некоторые из них имеют очень низкий порог восприятия и ароматы, варьирующиеся от цветочных до бальзамических (см. раздел 3.4).

### 3.2.2 Соединения, полученные в результате разложения полиозидов

Разложение древесных полимеров в инертной атмосфере происходит постепенно с повышением температуры [36]. Разложение гемицеллюлозы и целлюлозы происходит при 200–380°C и 250–380°C соответственно, а лигнина **Д**разложение происходит в интервале 180–900°C. Кроме того, в нормальных условиях бондарного **С**производства деградация целлюлозы происходит с большим трудом, а органолептическое **У**воздействие ее производных остается незначительным [22]. Напротив, гемицеллюлоза **я**вляется более подвержены гидролизу, который может происходить как при поджаривании, так и при выдержке вина, и приводит к увеличению общего содержания галактозы, фруктозы или ксилозы [37] до нескольких сотен мг/л. С микробиологической точки зрения этот аспект следует **т**щательно учитывать для развития нежелательной микрофлоры в вине, принимая во внимание способность некоторых микроорганизмов, вызывающих порчу, а именно *бреттаномицеть* виды [38], чтобы потреблять эти сахара. Образование моносахаридов при обжиге древесины приводит к их термодegradации и неогенезу пахучих летучих соединений. Эти соединения, называемые фурановыми альдегидами (главным образом фурфурол и 5-оксиметилфурфурол), содержатся в ничтожных количествах в выдержанной древесине дуба, используемой для производства бочек и щепы, но их содержание резко возрастает при переходе от легкой к средней степени обжарки и имеет тенденцию к снижению при сильной обжарке. поджаривание **С** органолептической точки зрения их важность невелика и связана в первую очередь с общим увеличением воспринимаемой интенсивности «общего дуба» и снижением «фруктового» аромата [39].

Другие соединения, а именно мальтол и циклотен, образующиеся при деградации гемицеллюлозы [22], характеризуются специфическими карамельными нотками. Как фуран

альдегиды, они имеют ограниченное влияние на эмпирические нотки вина, выдержанного на дубовой древесине, из-за их высокого порога восприятия. Продукты конденсации сахаров, такие как DDMP (2,3-дигидро-3,5-дигидрокси-6-метил-4(Н)-пиран-4-он), HDMF (4-гидрокси-2,5-диметилфуран-3(2Н)-он) и ДГМ (дигидромальтол), полученные в результате конденсации глюкозы и пролина, по-видимому, оказывают большее влияние на поджаренный/карамельный аромат [40].

Наконец, терморазложение лигнина приводит к образованию нескольких ключевых ароматических соединений, включая ароматические углеводороды, фенолы (в основном монометоксилированные и диметоксилированные производные), ароматические альдегиды (бензойная альдегиды) и производные сирингила. Различные факторы, такие как влажность древесины, интенсивность применяемого тепла, присутствие других полимеров, таких как целлюлоза, могут влиять на химический выход этих реакций [41]. В частности, интенсивность обжарки - это фактор, который больше всего влияет на конечный состав этих соединений в вине. Низкий/средний уровень нагревания приводит к образованию коричневых и бензойных альдегидов, таких как синаповый альдегид, кониферилловый альдегид, ванилин и сирингальдегид. Среди них ванилин оказывает важное ароматическое воздействие благодаря своему узнаваемому запаху и низкому порогу восприятия [39]. Более интенсивное обжаривание приводит к образованию летучих фенолов, таких как фенол, изомеры крезола, гваякол, 4-метилгваякол, эвгенол, изоэвгенол и пропиованиллон, некоторые из них характеризуются низким порогом восприятия и отчетливыми пряными или дымными нотками.

Наконец, некоторые гетероциклические соединения, присутствующие в небольших количествах, такие как производные пиразина, пирролпиридина и триазола, были идентифицированы в экстрактах поджаренной древесины. Эти соединения могут образовываться в результате реакции Майяра во время операций поджаривания [42].

### 3.2.3 Факторы, влияющие на ксилотетучие соединения при виноделии

Тип альтернативной древесины оказывает важное влияние на кинетику диффузии ароматических соединений. Обычно накопление летучих соединений происходит быстрее при использовании древесной щепы, чем при использовании клепки, с другой стороны, клепка приводит к большему накоплению ароматов, во всех случаях экстракция завершается через 3-12 месяцев выдержки [10, 43].

Ботаническое происхождение древесины имеет большое значение для определения переноса ароматических соединений, а именно лактона дуба в вино. Вина, выдержанные в контакте с щепой из американского дуба показали значительное увеличение *цис*-дубовый лактон и гваякол [31]. С другой стороны, в винах, выдержанных на щепе из французского дуба, наблюдалось значительное увеличение содержания фурфурола, 5-метилфурфурола, 4-винилгваякола и *транс*-дубовый лактон.

Время старения было связано с более высоким содержанием сложных эфиров [44]; тип деревянных частей был связан с *цис*-уровни дубового лактона, октанала и 5-метилфурфурола, и *цис*-дубовый лактон со степенью поджаривания.

Накопление фенолов зависит от степени поджаривания, но в целом более высокое накопление этих соединений происходит в винах, выдержанных на клепке, по сравнению с винами, выдержанными на чипсах [45]. Для гваякола, 4-метилгваякола и эвгенола максимальное накопление было зарегистрировано между 6 и 12 месяцами.

Основные изменения во время выдержки вина связаны с фурановыми альдегидами; эти изменения, безусловно, имеют решающее значение для качества вина. В первые месяцы хранения наблюдается высокое накопление фурановых альдегидов [45], более заметное при выдержке с клепкой, чем со стружкой; затем их содержание резко снижается, подобно тому, как это происходит в винах, выдержанных в *баррик* [46, 47]. Это снижение, вероятно, связано с микробиологическими, а не химическими реакциями. Заметная редуцтанная активность дрожжей и бактерий приводит к образованию фурановых спиртов из соответствующих альдегидов. Наблюдаемое снижение содержания фурановых альдегидов в вине при выдержке также связано с их участием в реакциях с полифенолами и, в частности, с образованием



конденсационные соединения с полифенолами, преимущественно флаванолами [48]. Кривые накопления и деградации ванилина и сиреневого альдегида при выдержке вина сходны с кривыми, описанными для фурановых альдегидов [45].

Дрожжи также могут преобразовывать фурфурол в 2-фуранметантиол (2-ФМТ) посредством добавления сероводорода, присутствующего во время ферментации, в фурфурол [49]. 2-ФМТ с очень низким порогом восприятия (0,4 нг/л) и различным запахом кофе [50] является ключевым ароматическим соединением буазеаромат вин. Аналогичный биосинтетический механизм был выдвинут для образования бензол-Еметантиол, характеризующийся тонкими минеральными нотками, начиная с бензальдегида [51] и для ванилилтиола, химического соединения, напоминающего гвоздику, и дыма, происходящего из ванилина [52].

### 3.3 Танины и микрооксигенация

«Экстрагируемая фракция» древесины составляет до 10–15% сухой сердцевины. Конечно, эллагитаннины являются наиболее распространенными компонентами этой фракции и вместе с другими соединениями являются источником многих интересных органолептических характеристик выдержанных вин [53]. В традиционных видах дуба идентифицировано восемь эллагитаннинов: касталагин, вескалагин, гранидин и робурин (А, В, С, D и Е), причем два наиболее распространенных соединения представляют собой стереоизомеры, вескалагин и касталагин [53–55]. Эллагитаннины переходят в вино во время выдержки, способствуя ощущению горечи и терпкости и действуя как антиоксиданты благодаря своей способности потреблять кислород [15, 53–55]. Более того, эллагитаннины напрямую влияют на цвет вина через реакции с антоцианами, образующими красно-оранжевые антоцианин-эллагитанниновые комплексы, которые гораздо более стабильны во времени, чем свободные антоцианы [55]. Они также часто встречаются в ассоциации с флавоноидами с образованием производных флавано-эллагитанинов (таких как акутиссимин А и акутиссимин В), обнаруженных в выдержанном вине, и также участвуют в конденсации танинов [54]. В различных работах сообщалось об изменении концентрации эллагитаннина в одной и той же древесине из-за различных процессов бондарной обработки [53]; Сосредоточившись на эллагитаннинах и альтернативных продуктах, недавнее исследование [56], проведенное с модельным вином, показало, что щепка из французского дуба высвобождает значительно большее количество эллагитаннинов, чем щепка из американского дуба при любом уровне обжаривания.

Реакции окисления, конденсации и полимеризации, в которых участвуют фенольные соединения, зависят от кислорода. Во время выдержки вина в бочках потребление кислорода может способствовать исчезновению посторонних привкусов и воспроизведению растительных характеристик, а также интенсивности и стабилизации цвета. Этот процесс в бочках не является контролируемым процессом, а зависит от характеристик древесины. Напротив, контролируемый процесс оксигенации в резервуарах из нержавеющей стали может контролировать изменения фенольной структуры и аромата вина, управляя реакциями, требующими кислорода [57, 58].

Оксигенация вина, которая определяется как диффузия воздуха или кислорода в вино, является разрешенной энологической практикой в Международном кодексе энологической практики OIV [59]. Микрооксигенация (МОКС), заключающаяся в дозировании микроколичеств кислорода контролируемым образом, была разработана во Франции Патриком Дюкурно в начале 1990-х годов, затем Дюкурно и Лаплас зарегистрировали патент на метод МОКС [60, 61]. В нескольких исследованиях были проведены эксперименты с МОХ-смесями в сочетании с применением альтернативных продуктов из дуба с целью моделирования эволюции и стабилизации фенольных соединений, которые спонтанно происходят в бочке.

Образование ацетальдегида в результате окисления этанола во время МОХ-винообразования способствует образованию этильных мостиков между флаванолами и между флаванолами и

антоцианы, приводящие к увеличению как интенсивности цвета, так и стабильности цвета [62]. Эллагитаннины способствуют образованию антоцианитанниновых аддуктов с этилиденовым мостиком посредством образования гидропероксирадикалов [63]. Более того, МОХ обычно способствует образованию пираноантоцианов, возникающих в результате реакции антоцианов с небольшими молекулами, а именно с ацетальдегидом. Эти соединения, вероятно, способствуют красному/оранжевому оттенку, наблюдаемому в красных винах во время выдержки [64]. Ацетальдегид также может образовывать мостики между молекулами танина, создавая макромолекулярные структуры, которые выпадают в осадок, что приводит к снижению ажесткости [65].

В целом, МОКС в сочетании с эллагитаннинами увеличивает интенсивность окраски даже после 5 месяцев выдержки в бутылках за счет увеличения количества полимерных пигментов, в том числе соединений с гилиденовым мостиком. Эти соединения вносят свой вклад в красный и фиолетовый диапазоны цвета, но снижают уровни оттенка из-за большего вклада в диапазон 520 нм. [66], как показано для обработки МОХ с добавлением танина.

Скорость потребления кислорода была явно связана с уровнем высвобождаемых эллагитанинов. Таким образом, дубовую стружку следует выбирать с учетом ее способности выделять эллагитаннины не только потому, что они могут оказывать непосредственное влияние на вкус и тело вина, но и потому, что они могут защищать от окисления. Кроме того, происхождение и размер дубовой стружки, по-видимому, влияют на результаты, когда их добавление сочетается с методом МОКС. Было исследовано влияние стружки или клепки из американского, французского и испанского дуба в сочетании с МОКС при выдержке красного вина; вино, обработанное клепкой (более крупными кусками дерева), а также выдержанное изделиями из французского дуба, потребляло больше кислорода [67]. Окончательно,

#### **3.4 Вторичные соединения, обнаруженные в древесине дуба**

В древесине дуба были выделены и описаны различные изопреноидные соединения и производные. Среди них терпены — соединения с очень низким порогом восприятия и замечательной обонятельной приятностью; однако их вклад древесины в вино весьма ограничен [69]. Напротив, наличие каротиноидов является важным фактором, который следует учитывать при производстве бочек. Содержание каротиноидов в древесине дуба в целом низкое и значительно варьирует между образцами.

Зависит главным образом от цвета куска дерева. Розоватая древесина в основном используется для изготовления бочек, так как она значительно богаче каротиноидами, чем другие окрашенные породы древесины. В частности, обнаружено, что молекулами, отвечающими за розоватый оттенок древесины, являются в основном β-каротин и лютеин [70]. Каротиноидные соединения очень чувствительны к кислороду, свету и температуре.

Пиролиз/газовая хроматография/масс-спектрометрия (PY/GC/MS), использованные на образцах французского дуба для имитации нагревания бочек, показали, что продукты термического разложения, полученные после пиролиза β-каротина и лютеина, соответственно, были в основном норисопреноидами и сесквитерпенами [71]. Во время естественной выдержки деревянные бочки подвергаются воздействию света и окислению, а затем нагреванию во время обжаривания, и могут образовываться новые ароматические соединения. Что касается норисопреноидов, то в древесине дуба выделено более 30 различных сильно пахнущих соединений, образующихся в результате деградации каротиноидов, среди которых основными являются 3-оксо-а-ионол и дегидровомифолиол [35]. Древесина американского дуба, по-видимому, более богата норисопреноидами, чем древесина европейского происхождения, в то время как многочисленные соединения являются общими как для дуба, так и для винограда.

Наконец, в обожженной древесине дуба было обнаружено несколько производных пиразинов и пиридина [72]. Среди них 2,5-дизамещенные пиразины, по-видимому, ответственны за привкус прогорклого масла [73]. Кроме того, 2-метокси-3,5-диметилпиразин связан

к «пробковому», картофелю, зеленому лесному ореху и пыльному запаху [74]. Однако это соединение, синтезируемое некоторыми протеобактериями, разлагается при температуре выше 220°C, поэтому при обжиге древесины его содержание значительно снижается.

Другими экстрагируемыми соединениями, присутствующими в древесине дуба в меньших количествах, являются аминокислоты, жирные кислоты и минералы.

#### 4. Органолептический профиль вин, обогащенных альтернативными продуктами.

Несколько исследований выявили влияние применения древесных добавок на органолептические характеристики вин. Некоторые выводы по этой теме представлены ниже.

Как правило, обработка дубовой щепой способствует полимеризации антоцианов и танинов, что приводит к уменьшению количества мономеров в вине. В исследовании с участием двух итальянских красных вин, Альянико и Монтепульчано, после 1 года выдержки содержание полимерных фенолов в обоих красных винах было примерно на 40% выше в образцах, обработанных дубом, по сравнению с контрольными винами. Однако этот эффект сильно зависит от сорта винограда и полифенольного профиля каждого сорта. Те же образцы, обработанные дубовой стружкой, показали ослабление цветочных и фруктовых дескрипторов и появление дубовых нот (древесных, ванильных, пряных нот и черного перца), сопровождаемых более высокой терпкостью. После 1 года выдержки сложность вкуса уменьшилась, особенно пряные ноты и терпкость, которые были даже больше снижены в образцах, обработанных дубом, чем в контрольных винах [75].

Органолептический профиль вина также зависит от фазы процесса виноделия, на которой добавляется дубовая стружка, а также от дозы дубовой щепы. Исследование красного вина Bobal [76] показало, что вина с дубовой щепой, добавленной во время спиртового брожения, имели такой же органолептический профиль, как и контрольные вина с обонятельными характеристиками красных фруктов, лакрицы, перца, кожи, табака и черной смородины, но с какие-то древесные ноты. С другой стороны, вина с дубовой стружкой, добавленной во время яблочно-молочного брожения, показали более высокую интенсивность дескрипторов дуба, чем вина с дубовой стружкой, добавленной после завершения яблочно-молочного брожения. Интенсивность древесных признаков была выше при добавлении щепы в более высоких дозах (6 г/л).

Другой эксперимент с белыми винами, Verdejo, показал различные эффекты дубовой стружки средней обжарки, добавленной на стадии спиртового брожения или выдержки. [75]. По сравнению с контролем (чипсы не добавлялись), вина, обработанные дубом, показали снижение интенсивности дескрипторов «свежий», «зеленое яблоко», «фруктовый», «тропические фрукты», а также интенсивности цитрусовых и сухофруктов для «зрелых фруктов» и «сладких», а также для новых атрибутов, таких как кокосовый, сладкие специи, древесный (дуб) и поджаренный в винах, обработанных дубовой стружкой. В частности, вина с дубовой стружкой, добавленной во время алкогольного брожения, имели более низкое содержание летучих соединений, экстрагируемых дубом, и, таким образом, интенсивность органолептических свойств, связанных с древесиной, но более высокие концентрации ферментативных летучих веществ, чем новые вина, выдержанные с дубовой щепой. Статус обжаривания дубовой стружки (поджаренный или не поджаренный) оказался более важным, чем происхождение дуба в исследовании, проведенном с вином Шардоне [77]. Выявлены различия между винами с добавлением дубовой стружки разного происхождения, не повлияло на предпочтение панели. С другой стороны, степень поджаривания была важнее происхождения дубовой стружки (немецкой или французской) [78]. Наконец, количество дубовой стружки может иметь большее значение, чем происхождение дуба [79]. Органолептический профиль белых вин *Листан Бланко*, верно, в основном влияло количество дубовой щепы, в меньшей степени - географическое происхождение дуба, которое имело большее значение только в случае сравнения дубовой щепы и бочек.

Тем не менее, результаты других исследований показали органолептические различия, связанные с происхождением дубовой стружки [31]. Вина (румынские красные вина Fetească neagră)

выдержанные в контакте с стружкой из американского дуба, имели более высокую интенсивность ароматов ванили, поджаренного хлеба и какао по сравнению с винами, выдержанными с использованием щепы из французского дуба, которые имели более высокую интенсивность дымного, лакричного и поджаренного ароматов. Степень обжаривания древесной щепы или клепки также влияла на ароматы того же румынского красного вина [44]. Древесный признак был более очевиден в винах, выдержанных с использованием кусочков дуба с низкой степенью обжаривания, тогда как дерево средней обжарки плюс обжарка усиливали дескрипторы фруктового аромата.

С целью имитации эффекта дубовой бочки можно добавлять в вино кусочки древесины в сочетании с микрооксигенацией [80]. Эта техника (дуб Сбедра или клепки в сочетании с микрооксигенацией) могут производить вина с сенсорными характеристиками, Сочень похожими на характеристики продуктов, выдержанных в новых американских и французских бочках из-Опод ака в течение 6 месяцев [57].

## 5. Дубовая щепка против бочки

### 5.1 Органолептические различия и потребительские предпочтения

Как было описано ранее, количество дубовой стружки, ее размеры и форма, степень обжаривания, время контакта и этап винодельческого процесса их применения могут влиять на органолептические характеристики вина различными способами. Кроме того, традиционная обработка в деревянных контейнерах может привести к различным результатам в зависимости от таких факторов, как время контакта, использование новых пород дерева или бывших в употреблении бочек, период и частота возможной обработки. дубинка вместе с возможностью использования контейнеров разных размеров. Таким образом, задача различения вин, полученных с использованием вин, выдержанных в бочках, или вин, выдержанных в чипсах, особенно сложна из-за множества задействованных переменных.

С органолептической точки зрения вина, облагороженные стружкой в стальных емкостях, не сильно отличаются от тех, которые долго хранились в новых бочках [81]. С другой стороны, молодые вина, приготовленные из чипсов, почти неотличимы по вкусовым качествам от тех, что хранятся в новых бочках в течение короткого времени (около 3 месяцев); оба характеризуются светомбуазе обонятельные нотки. Более того, учитывая влияние размера дубовой щепы, времени контакта с древесиной (3, 6 и 9 месяцев) и типа тары (бак или использованная деревянная бочка) в винах, проанализированных после 6 месяцев розлива в бутылки [82], некоторые очевидные органолептические различия наблюдались. Органолептический эффект от добавления дубовой щепы был более заметен для вин в резервуарах, чем для вин из бывших в употреблении бочек. Более того, Явина в деревянных бочках с древесной щепой трудно отличить от вин. Жбез добавления древесной щепы. Среди вин, обработанных альтернативными продуктами, он больше Тценил вина, выдержанные в контакте с кубиками в течение 3 или 6 месяцев. Авторы предложили использовать для вин короткой выдержки дубовую щепу, а деревянные бочки, еще находящиеся в хорошем состоянии, использовать повторно, указывая, что новые бочки из дерева дают вина более высокого качества [82].

Органолептические различия между винами, выдержанными в деревянных бочках или с фрагментами древесины дуба, не всегда отражают существенные различия в потребительских предпочтениях [83]. При опросе потребительских предпочтений был обнаружен большой разброс предпочтений среди участников, традиционно потребляющих качественные вина. Большая часть респондентов (55%) заявили, что не будут покупать вина, произведенные с использованием дубовой щепы, тогда как другие заявили, что купят их только в том случае, если после дегустации они ощутят такое же качество, как вина в деревянных бочках. Однако молодые люди оказались менее традиционными и более открытыми для покупки вина, произведенного с использованием фрагментов древесины дуба. Другой онлайн-опрос [84], в котором участвовали австралийские винные потребители, пришел к аналогичным выводам..

Наконец, использование фрагментов древесины дуба могло бы стать интересной альтернативой бочкам в развивающихся винодельческих странах, таких как Мексика [85] или Бразилия [86], из-за их

более низкие затраты. Тем не менее, прежде чем использовать древесину дуба в виноделии, местным производителям следует изучить предпочтения своих потенциальных потребителей.

## 5.2 Основные аналитические методы, которые можно использовать для различения и оценки качества продукции

Задача объяснения сенсорных различий, описанных ранее, с химической точки зрения не проста. Значительные работы были посвящены химическому составу характеристика вин, выдержанных с использованием альтернативных продуктов. Однако лишь в некоторых из этих исследований непосредственно сравнивали состав вина, выдержанного в бочках, и вина, контактировавшего с фрагментами древесины дуба [45, 87–91]. Тем не менее, совершенно очевидно, что в связи с необходимостью контроля для защиты прав потребителей и объективной оценки необходимо разработать методы исследования, позволяющие отличить вина, полученные в результате бочковой выдержки, от тех, в которых использовались альтернативные породы дерева. Насколько нам известно, основными методами, которые до сих пор использовались для этой цели, являются: (i) методы изучения различий в фенольном составе (на основе высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) или классического определения фенолов) и цветовые анализы; (ii) хроматографические методы исследования.

Различия в ксилотетучих веществах и других летучих органических соединениях (ЛОС), в основном с помощью газовой хроматографии (ГХ) и ГХ-масс-спектрометрии (ГХ-МС); (iii) инфракрасная спектроскопия (ИК) для различения вин с помощью общего хемометрического подхода, в основном с помощью спектроскопии БИК (ближнего инфракрасного диапазона) и МИК (среднего инфракрасного диапазона); и (iv) методы, основанные на ядерном магнитном резонансе (ЯМР). Большая часть последующей исследовательской работы основана на исследованиях, проведенных путем объединения двух или более вышеупомянутых методов и обработки составных наборов данных с помощью многомерного статистического анализа [5].

### 5.2.1 Методы различения на основе фенолов и цветовых профилей

В основной работе 2004 года были проанализированы изменения в фенольных соединениях, фенольных кислотах, альдегидах и цвете вина, выдержанного в течение 5 месяцев, чтобы определить влияние типа старения и происхождения дубовой древесины, используемой для хранения. Был проведен дискриминантный анализ с использованием системы старения в качестве дискриминантного фактора с использованием более 66 образцов. Вина, выдержанные в деревянных бочках, значительно различались по своему характеру.

В отношении вин, выдержанных на древесной щепе. На основании полученной модели правильно обозначены 4 и 83 % образцов, выдержанных в бочке и щепе соответственно [88]. Дальнейшее всестороннее исследование было проведено для того, чтобы отличить вино, выдержанное в деревянных бочках, от вина, выдержанного с альтернативными продуктами, как в период контакта с древесиной, так и на этапе розлива [89]. В течение первых 6 месяцев выдержки вина, обработанные деревянной клепкой, приобрели характеристики, находящиеся посередине между винами с щепой и винами, выдержанными в деревянных бочках [89]. Однако по мере того, как увеличивался период контакта с древесиной, росли и различия между винами, хранящимися в традиционных и альтернативных системах (клепки или чипсы): после 2-летнего периода розлива вина из трех систем стали достаточно уникальными, чтобы их можно было отличить друг от друга. Дискриминантный анализ выявил наиболее значимые переменные: *l*-производные кумарила), ванилиновая кислота, протокатеховый альдегид и эпикатехин.

Факторный анализ, проведенный в ходе исследования как фенольного, так и органолептического профиля красных вин, выдержанных в деревянных бочках (французских и американских), и вин, выдержанных с дубовой щепой, [81] выявил несколько различий; вина, выдержанные на щепе, показали характеристики, более близкие к винам, выдержанным в деревянных бочках в течение 3 месяцев. Кроме того, суммарные и полимерные антоцианы вместе с ацетилированными и глюкозидными антоцианами и пигментами прямой конденсации

антоцианина флавонола, по-видимому, являются основными переменными, способными дифференцировать вина [81]. Авторы также указали на сильное влияние сорта винограда на дискриминантные переменные, связанные с «альтернативными» или «традиционными» винами.

Недавнее исследование [91], направленное на характеристику флавоноидного и нефлавоноидного фенольного состава вин, контактировавших с деревянными бочками, стружкой и клепкой в течение 12-месячного периода выдержки, выдвинуло гипотезу, что влияние древесины на фенольный состав в основном связано с оригинальными и внутренними характеристиками каждого сорта винограда. Таким образом, в этой работе сделан вывод о том, что экстракция фенольных

Соединения дубовой древесины при выдержке вина тесно связаны с форматом древесины, о сортом Твинограда и временем выдержки. В соответствии с ранее представленными документами, Улди подтвердили, что окончательное воздействие древесины на вино связано не только с Трполучением полифенолов из древесины, но и со структурными модификациями граполифенолов рапса.

### *5.2.2 Методы различения на основе летучих соединений*

Фактически ГХ-МС успешно используется для характеристики и количественного определения летучих и полулетучих соединений, выделяемых непосредственно из древесины дуба [92, 93].

Среди многих исследований с использованием ГХ-МС для различения вин, выдержанных с использованием альтернативных продуктов или бочек, работа, представленная Triacca et al. [94] выделяется количеством проанализированных образцов. База данных, состоящая из 352 новых бочковых вин, 665 б/у бочковых вин и 600 чипсовых вин, была создана для проверки соблюдения законов и правил, запрещающих использование чипсов в Швейцарии. Летучие вещества, связанные с древесиной (ксилолетучие вещества), были определены с использованием методов хемометрии (логистический регрессионный анализ). Авторы смогли с достаточной уверенностью отнести новые неизвестные образцы к группе чипсов или бочонков [94].

В исследовании, проведенном в 2008 году [95], сообщалось о влиянии на ароматические соединения добавления дубовой щепы либо в резервуары из нержавеющей стали, либо в использованные бочки, сравнивая эти вина с винами, выдержанными в новых бочках. Учитывались как размер дубовой стружки, так и время контакта. Для разделения образцов по формату древесины были получены три дискриминантные функции (81,5% правильной классификации). Вина в новых деревянных бочках были отделены от вин с древесной щепой, а лактоны и 5-метилфурфурол были переменными с наивысшим дискриминантом.

Пвл. В недавнем всестороннем исследовании [90] 75 летучих соединений были определены с помощью ГХ-МС и пламенно-ионизационного детектирования (ГХ-ПИД) в широком диапазоне. Set вин с разными процессами старения. Авторы обнаружили, что соединения ДИнепосредственно связанные с древесиной, обладают большей способностью различать вина, выдержанные в бочках, от вин, мацерированных фрагментами дуба, но ни одно соединение не позволяет провести безупречную классификацию. Поэтому они изучили общий эффект добавления фрагментов дуба на наборе из 231 образца и сравнили их с теми же винами, выдержанными в дубовых бочках. Таким образом, они разработали набор критериев, который позволяет различать с высокой степенью точности. Применение этих критериев позволило провести правильную классификацию более чем в 90% случаев. Было обнаружено, что из 75 проанализированных соединений наиболее подходящими для различения являются следующие: изомеры дубового лактона, ванилин, ацетованилон, сиреневый альдегид, фурфурол, фурфуриловый спирт, 5-метилфурфурол, 5-гидроксиметилфурфурол, эвгенол, метилванилат и этиловый спирт. ванильный. Ванилин, ацетованилон, и сиреневый альдегид являются соединениями, которые присутствовали в более высоких концентрациях в винах, сброженных или мацерированных с использованием древесных фрагментов, чем в винах, выдержанных в бочках. Эвгенол (значительно выше) и изомеры дубового лактона являются соединениями, которые объясняют различия в винах, выдержанных в бочках. Авторы также отмечают, что на извлечение древесных соединений влияет множество факторов, таких как возраст ствола, применение во время

ферментация или мацерация и доза. Тем не менее соотношение ванилин + ацетованиллон/эвгенол было важным маркером для различения.

В более позднем исследовании [96] основное внимание уделялось характеристике ксилотетучих ароматических соединений с использованием ГХ-МС вин, выдержанных в бочках, и вин, произведенных с использованием дубовой стружки. Было проанализировано около 200 итальянских вин, выдержанных с использованием дубовой стружки или деревянных бочек, и было идентифицировано 60 ксилотетучих соединений. Вина, выдержанные в бочках, имели более высокую концентрацию этилваниллата, 4-этилфенолов, эвгенола и виски-лактонов, чем вина, выдержанные на чипсах, которые характеризовались как правило, более высокая концентрация фурановых соединений и производных Дгидроксibenзальдегида. Присутствие 4-этилфенолов в более высоких концентрациях в винах, Жвыдержанных в бочках, указывает на то, что в целом все еще существует более высокий риск Бзагрязнения от *реттаномицеты брюссельские* по сравнению с доработкой чипа. В целом Пмногобещающие перспективы возникли в результате применения DA (дискриминантного анализа) для классификации вин в зависимости от метода выдержки (в бочках или чипсах) с успехом >96,5%.

С другой стороны, другая работа продемонстрировала, что различение на основе ЛОС не всегда легко и трудно установить общие закономерности [97]. Можно ожидать, что аналитический профиль летучих веществ, связанных с древесиной, будет демонстрировать большие вариации, что не позволит в ряде случаев выявить общую закономерность. Кроме того, выдержка красных и белых вин, безусловно, будет следовать совершенно разным эволюционным путям с точки зрения обогащения летучими веществами, связанными с древесиной.

Инновационный подход, недавно предложенный в некоторых статьях [32, 45], сочетает анализ ЛОС с другими аналитическими методами для преодоления описанных выше проблем. Действительно, большинство предыдущих исследований, посвященных влиянию типа и продолжительности процесса старения, касались определенной подгруппы соединений (летучих или фенольных), которая недавно считалась ограничивающим условием для получения более полного представления о предмете. [45]. Поэтому исследование испанских вин, проведенное в 2008 году [45], проследило эволюцию как ароматического, так и фенольного состава вина во время контакта с древесиной дуба: стружкой и клепкой, с микрооксигенацией и без нее. Эти процедуры старения сравнивали с традиционным методом старения в дубовых бочках. Были проведены два канонических дискриминантных анализа для классификации различных обработок на основе летучих соединений из древесины дуба и низкомолекулярных фенолов. Было достигнуто хорошее разделение между тремя обработками (щепками, клепками и бочками) для обеих групп соединений. В случае ЛОС 100% случаев были правильно классифицированы. вина, выдержанные в barrels коррелировали с высокой концентрацией 5-гидроксиметилфурфурола и метилфурфурола; Б-вина, находящиеся в контакте с клепкой, коррелировали с высоким содержанием ванилина и транс О-изоэвгенол. Что касается низкомолекулярных полифенолов, то 100% случаев также были Оправильно классифицированы. Переменными с наибольшей дискриминантной силой были сиреневая кислота и кверцетин (связанные с посохами) и кафтаровая кислота (связанные с бочками). С другой стороны, дискриминантная функция 2 связывает кафтаровую кислоту с винами, выдержанными в бочках, а с фрагментами и галловую кислоту с винами, обработанными чипсами.

Основной целью другого исследования была оценка того же вина через 10 лет в бутылках при выдержке в бочках и при обработке альтернативными продуктами и кислородом посредством количественного определения летучих соединений и анализа цвета [32]. В целом, у вин традиционной выдержки наблюдалось меньшее снижение интенсивности цвета, оттенка, выраженности красных и синих тонов, за ними следуют вина, обработанные клепкой + МОКС и стружкой + МОКС. Кроме того, самая высокая концентрация *цис*- дубовый лактон обнаружен в винах, выдержанных в бочках. В то время как, как правило, соединения, связанные с дубом, были обнаружены в более низких концентрациях в бочковых винах, чем в винах из альтернативных продуктов, за исключением эвгенола.

Стоит отметить, что метод ГХ-МС и анализ ЛОС использовались в нескольких исследованиях альтернатив древесины, хотя и без прямого сравнения с

выдержка в бочках, исследуя различные технологические последствия: влияние времени добавления стружки во время виноделия [98, 99]; влияние степени прожарки древесины и времени контакта с обломками дуба [31, 44]; и географическое происхождение дубовой древесины, из которой выпускаются альтернативные продукты [77, 100].

### 5.2.3 Дискриминация на основе методов спектроскопии

В последнее десятилетие колебательная спектроскопия, а именно инфракрасные методы (ЯР), поддерживаемый хемометрическими методами, оказался мощным методом из-за его широкого использования в аналитических лабораториях, его универсальности и низкого экономического воздействия. Более того, ИК-технология требует минимальной обработки образца перед анализом [5].

Безусловно, ИК-спектроскопия в сочетании с многофакторным анализом данных применялась для определения летучих соединений дуба [101–103] и для классификации бочек [104]. Впоследствии, в последние годы, этот метод был предложен для различения вин, выдержанных в разных типах деревянных емкостей и в течение разных периодов времени [96, 105, 106], с использованием калибровки на основе PLS между ГХ-МС и ближней инфракрасной спектроскопией (НИР).

Первая публикация появилась в 2012 г. [107], в которой исследовались два разных уровня информации о слиянии NIR-спектров и средних инфракрасных (MIR) спектров красных вин, выдержанных по-разному. Всего было проанализировано 96 красных вин, включая вина, выдержанные в дубовых бочках, вина, выдержанные в резервуарах из нержавеющей стали с дубовой стружкой и без нее. Были установлены дискриминантные модели трех вин разной выдержки, и метод FDA был применен для построения моделей классификации трех вин разной выдержки с использованием NIR, MIR и объединенных спектров, достигнув до 98% правильной классификации с последним. Результаты показывают, что спектральное слияние NIR и MIR является многообещающей технологией для различения вин разной выдержки.

Недавняя статья была направлена на то, чтобы определить, позволяют ли спектроскопические методы различать вина, выдержанные с использованием альтернативных продуктов из дуба (щепы и клепки) из разных пород дуба (американского, французского и испанского) и с плавающей микрооксигенацией (20 мкг/л), по сравнению с винами, выдержанными в бочках, после 10 лет розлива [108]. Спектральная информация и анализ были выполнены в FTIR-ATR (Fourier-transform IR-Attenuated Total Reflection). Результаты показали, что с помощью этой методики можно четко разделить вина, выдержанные по трем системам (чипсы, клепки и бочки) в случае выдержки. Американский дуб. В случае французского дуба вина, выдержанные на чипсах, четко отличались от вин из одного сорта винограда и со схожими энологическими характеристиками.

В самой последней статье на эту тему [96] проанализировано около 90 красных вин, произведенных в Италии из одного и того же наименования вин, включая коммерческие вина, выдержанные в бочках, и вина, выдержанные с использованием различных типов коммерческой дубовой стружки. Вина анализировали на пропускание с использованием NIR. Чтобы проверить, позволяют ли комбинированные объясняющие переменные различать методы выдержки, был проведен ортогональный частичный дискриминантный анализ методом наименьших квадратов (OPLS-DA). Учитывались несколько факторов, в том числе процесс старения, тип дуба, используемого для старения (древесина *баррики*, большие бочки или чипсы) и типологии вин (отличающихся по некоторым энологическим параметрам). Применение OPLS-DA достигло >96,5% успеха в классификации вин в зависимости от процесса выдержки (без дерева, в бочках/ *баррики* чипы) при внутренней проверке и > 90% при внешнем тестировании. Конечно, необходимы дальнейшие исследования, чтобы подтвердить потенциал метода, чтобы улучшить его для аутентификации вин, расширив как набор типов вин (например, тестирование различных наименований и сортов винограда), так и диапазон альтернатив дуба (клетки, кубы), блоки и изделия других размеров подлежат испытанию, возможно, в присутствии микрооксигенации.

Стоит отметить, что ИК-спектроскопия использовалась и в других исследованиях выдержки вина, хотя и без прямого сравнения между древесными альтернативами и бочками.



старение. Например, методы спектроскопии FT-IR и UV-Vis (UV-Vis) в сочетании с многомерным анализом использовались для получения регрессионных моделей для изучения уровня старения высококачественных вин из хереса [106]. Кроме того, были проанализированы [105] вина, выдержанные в бочках из разных пород дерева и в резервуарах из нержавеющей стали. Полная дифференциация образцов была достигнута в зависимости от сорта винограда, типа контейнера и времени выдержки на основе двух спектральных областей их FT-IR-спектров. Общая значимость этих исследований пока условна из-за ограниченности наборов данных и неоднородности спектральных диапазонов, анализируемых в разных областях.

Ент документы. Тем не менее, результаты показывают потенциал ИК-спектроскопии и хемометрического анализа для различения вин, произведенных в результате различных процессов старения. По его мнению, Топределение алгоритмов различения и создание надежных баз данных является необходимым условием Ндля получения метода, который можно было бы рутинно использовать в лаборатории для быстрого Дполучения конкретной информации о типе древесины, используемой для выдержки вина.

Наконец, ядерно-магнитный резонанс (ЯМР) — мощный инструмент для анализа, контроля качества и аутентификации вин. Основное преимущество нецелевого анализа вин поСпектроскопия ЯМР 1H — это возможность относительно просто и быстро собрать огромное количество информации о составе, относящейся к одному образцу [109]. Однако, в отличие от других аналитических методов, для его реализации требуется сложное оборудование и специализированный персонал, но благодаря своей универсальности и воспроизводимости этот аналитический метод представляется очень перспективным для целей, описанных в этой главе.

## 6. Выводы

В современном виноделии продукты из дуба, являющиеся альтернативой бочкам, являются полезным и гибким инструментом для виноделов, позволяющим им удовлетворять потребности все более широкого и разнообразного рынка. Соединения дубовой древесины придают вину типичный ароматический профиль и способствуют увеличению полифенольного наследия конечного вина. В последнее время использование древесных фрагментов расширилось, а к уже известным добавились новые форматы альтернативных продуктов, значительно улучшающие качество вина и резко расширяющие возможности выбора. Основные преимущества, связанные с использованием этих продуктов, заключаются в сокращении как затрат, так и времени производства. Кроме того, он дает возможность получения стандартных

Изд вина, чьи композиционные и органолептические характеристики очень близки к Дуточенным на этапе дизайна продукта; кроме того, нельзя пренебрегать снижением Смикробиологического риска, связанного с использованием бочек. Среди факторов, которые больше всего влияют на органолептические качества конечного вина, следует учитывать дозу дубовой стружки, степень обжаривания и момент применения. Различное географическое и ботаническое происхождение чипсов, кажется, вторично влияет на результат.

С органолептической точки зрения отличить продукты, полученные путем выдержки на чипсах, от продуктов, полученных традиционным способом, непросто. Учитывая потребительские предпочтения между дубовыми чипсами и бочковыми винами, вариабельность среди дегустаторов очень высока в зависимости от возраста и опыта (например, молодые дегустаторы и опытные дегустаторы), и виноделы могут учитывать специфические предпочтения различных групп потребителей. Таким образом, различение двух разных продуктов возможно в основном с помощью лабораторных методов исследования: аналитические методы позволяют расширить различия в составе двух продуктов как в коммерческих целях, так и, при необходимости, для контроля за мошенническими действиями. Среди используемых аналитических методов к спектроскопическим, безусловно, относятся те, которые,

Таким образом, возможность рафинирования вин с помощью чипсов, клепок или других альтернативных продуктов не препятствует использованию бочек, а представляет собой дополнительную возможность.

и дальнейшая возможность для виноделов получать продукцию высокого качества. Два типа вин могут сегодня сосуществовать на мировом винном рынке, оцененные разными сегментами потребителей.

IntechOpen

IntechOpen

#### **Сведения об авторе**


Маурицио Петроцциелло\*, Тициана Нарди, Андриани Аспроуди, Мария Карла Краверо и Федерика Бонелло

Исследовательский центр виноградарства и энологии CREA, Конельяно, Италия

\* Адресуйте всю корреспонденцию по адресу: [maurizio.petrozziello@crea.gov.it](mailto:maurizio.petrozziello@crea.gov.it)

#### **IntechOpen**

---

© 2020 Автор(ы). Лицензиат IntechOpen. Эта глава распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), которая разрешает неограниченное использование, расплата и воспроизведение на любом носителе при условии надлежащего цитирования оригинальной работы. 

использованная литература

[1] Шатонне П. Ситуация и эволюция использования альтернатив в мире. Ревю энологов. 2008 г.;**2**:45-48

[2] Синглтон В.Л., Дрейпер Д.Э. Древесная щепа и обработка вина; природа Of водно-спиртовые экстракты. *Дж. Американский урнал энологии и виноградарства*. 961;**12**:152

[3] Делегированный регламент Комиссии (ЕС) 2019/934 от 12 марта 2019 г., дополняющий Регламент (ЕС) № 1308/2013 Европейского парламента и Совета в отношении винодельческих районов, где может быть увеличена крепость алкоголя, разрешенных энологических практик и ограничений. применимо к производству и хранению продуктов из виноградной лозы, минимальному процентному содержанию алкоголя в побочных продуктах и их утилизации, а также к публикации файлов OIV. Том. 149; 2019

[4] Эбелер С.Э., Такеока Г.Р., Винтерхальтер П. Прогресс в аутентификации продуктов питания и вина. Вашингтон, округ Колумбия: ACS Публикации; 2011

[5] Версари А., Лори В.Ф., Риччи А., Лаги Л., Парпинелло Г.П. Прогресс в аутентификации, типизации и пригодности винограда и вина у бхеометрические подходы. *РМеждународный поиск еды*. 2014;**60** Д:2-18. ОИ: 10.1016/j.foodres.2014.02.007

[6] Шатонне П., Дюбурдые Д. Сравнительное исследование характеристик американского белого дуба (*Quercus alba*) и европейского дуба (*Quercus petraea* и *Q. robur*) для производства бочек, используемых при выдержке вин в бочках. *Американский журнал энологии и виноградарства*. 1998 год;**49**: 79-85

[7] Фернандес де Симон Б., Муиньо И., Кадахия Э. Характеристика летучих компонентов в коммерческой дубовой щепе. *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2010 г.;**58**: 9587-9596. DOI: 10.1021/jf101301a

[8] Кэмпбелл Дж.И., Поллниц А.П., Сефтон М.А., Хердерих М.Дж., Преториус И.С. Факторы, влияющие на влияние дубовой стружки на вкус вина. *Журнал винодельческой промышленности Австралии и Новой Зеландии*. 2006 г.;**21**: 38-42

[9] Гордильо Б., Бака-Боканегра Б., Родригес-Пулидо Ф.Х., Гонсалес-Мирет М.Л., Гарсия Эстевес И., Кихада-Морин Н. и др. Оптимизация процесса мацерации дубовой щепы и виноградной смеси. Влияние дозы чипсов и времени мацерации. *Пищевая химия*. 2016;**206**: 249-259. DOI: 10.1016/j.фудхим.2016.03.041

[10] Фернандес де Симон Б., Кадахия Э., дель Аламо М., Неварес И. Влияние размера, приправы и обжаривания на летучие соединения в поджаренной древесине дуба и в обработанном ими красном вине. *Analytica Chimica Acta*. 2010 г.;**660**: 211-220. DOI: 10.1016/j.aca.2009.09.031

[11] Ауэр Дж., Роуилер А., Дюмон-Бебу Н. Влияние времени выдержки дубовых клепок на бочки и качество вина. *Switz: Rev Suisse Vitic Arboric Hortic*; 2008 г.

[12] Шатонне П. Происхождение и обработка дуба, используемого в бондарном деле. Влияние происхождения и выдержки на состав и качество дуба. «Le bois et la qualité des vins et des eaux-de-vie», специальный выпуск журнала *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 1992:39-49

[13] Сефтон М.А., Фрэнсис И.Л., Покок К.Ф., Уильямс П.Дж. Влияние натуральных приправ на концентрацию эвгенола, ванилина и цис- и транс-β-метил-γ-окталактона, извлеченных из французского и американского дуба. *Науки о питании*. 1993 год;**13**: 629-643

[14] Вивас Н., Амрани-Джутей К., Глориес Ю., Донече Б., Брехенмахер К.

Развитие микроорганизмов в дубовом лесу (*Quercus petraea* Liebl) в естественных условиях на свободном воздухе. *Анналы наук Форестьер*. 1997 год; **54**: 563-571

[15] Vivas N, Glories Y. Этуд и оптимизация скрытых явлений.

*Dans le séchage naturel du bois de Chêne. Revue Francaise d'Oenologie*. 1996; **158**:28-35

[16] Spillman PJ, Sefton MA, Gawel R.

Влияние источника древесины дуба, места выдержки и выдержки на состав летучих соединений в винах, выдержанных в дубе. *Австралийский журнал исследований винограда и вина*. 2004 г.; **10**: 216-226

[17] Мартинес Дж., Кадахия Э., Фернандес де Симон Б., Охеда С., Рубио П. Влияние метода выдержки на химический состав сердцевин дуба и бондарных изделий. *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2008 г.; **56**:3089-3096

[18] Массон Э., Пуч Дж.Л. Инцидентность de différents mode de séchage en étuve sur les teneurs en ellagitanins et en composés volatils de merrains de chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Журнал науки и технологий*. 2000 г.; **6**: 39-78

[19] Джексон Р.С. Винная наука: принципы и приложения. Калифорния, США: академическая Аппресса; 2008 г.

[20] Мутуне М., Фейя Ф., Пюч Ж.Л. Caractéristiques du bois de chêne в отношении avec la qualité des vins. *Quad Vitic Enol Univ Турин*. 2003 г.; **26**:101-120

[21] Moutounet M, Puech JL, Keller R, Feuillat F. Les caractéristiques du bois de chêne в отношении использования avec son en œnologie: Le phénomène de duramisation et ses conséquences: De l'utilisation du bois sous toutes ses formes. *Revue Francaise d'Oenologie*. 1999 г.; **174**:12-17

[22] Le Floch A, Jourdes M, Teissedre PL. Полисахариды и

лигнин из древесины дуба, используемый в бондарном деле: состав, проценты, пробы: обзор. *Исследование углеводов*. 2015 г.; **417**: 94-102. DOI: 10.1016/j.carres.2015.07.003.

[23] Hamada J, Pétrissans A, Mothe F, Ruelle J, Pétrissans M, Gérardin P. Внутривидовая изменчивость термостойкости древесины европейского дуба в зависимости от радиального положения. *Наука и технология древесины*. 2017; **51**: 785-794. DOI: 10.1007/s00226-017-0910-0

[24] Суомалайнен Х., Нюканен Л. Исследования аромата алкогольных напитков. *Нерингсмиделлиндустриен*. 1970 г.; **23**:15-30

[25] Масуда М., Нисимура К. Разветвленные ноналактоны некоторых видов *Quercus*. *Фитохимия*. 1971 год; **10**: 1401-1402. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)84355-1

[26] Уилкинсон К.Л., Прида А., Хаясака Ю. Роль гликоконъюгатов 3-метил-4-гидроксиоктановой кислоты в эволюции дубового лактона в вине во время созревания дуба. *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2013; **61**:4411-4416. DOI: 10.1021/jf400175h

[27] Masson E, Vaumes R, Le Guernevé C, Puech JL. Идентификация предшественника β-метил-γ-окталактона в древесине дуба скального (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2000 г.; **48**: 4306- 4309. DOI: 10.1021/jf0002950

[28] Гишар Э., Фурнье Н., Массон Г., Пюч Дж.Л. Стереизомеры β-метил-γ-окталактона. I. Количественное определение бренди в зависимости от происхождения древесины и обработки бочек. *Американский журнал энологии и виноградарства*. 1995 год; **46**:419-423

[29] Abbott N, Puech JL, Bayonove C, Vaumes R. Определение порога аромата цис- и трансрацемических форм β-метил-γ-окталактона с помощью газовой хроматографии-обнюхивания. *Американский журнал энологии и виноградарства*. 1995 год; **46**: 292-294

- [30] Массон Г., Гишар Э., Фурнье Н., Пюч Дж.Л. Стереоизомеры  $\beta$ -метилу-окталактона. II. Содержание в древесине французского (*Quercus robur* и *Quercus petraea*) и американского (*Quercus alba*) дуба. Американский журнал энологии и виноградарства. 1995 год;**46**:424-428
- [31] Думитриу Г.Д., Теодосиу С., Абур И., Котеа В.В., Пейнадо Р.А., Лопес и Лерма Н. Доценка ароматических соединений в Спроцессе обработки вина дубовой стружкой. Еда. 2019;**8**:662. DOI: 10.3390/foods8120662
- [32] Дель Аламо-Санса М., Неварес И., Мартинес-Хил А., Рубио-Бретон П., Гарде-Сердан Т. Влияние длительного выдерживания в бутылках (10 лет) на летучий состав красных вин, микрооксигенированных дубовыми альтернативами. LWT. 2019;**101**:395-403. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.11.049
- [33] Rodríguez-Bencomo JJ, Ortega-Heras M, Pérez-Magarino S, Gonzalez-Huerta C. Летучие соединения красных вин, мацерированных испанской, американской и французской дубовой стружкой. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2009 г.;**57**: 6383-6391. DOI: 10.1021/jf900739k
- [34] Castino M. Ruolo delle cessioni del legno nel vino. Спецификация Quad Della Scuola Витик Эд Энол. 2002 г.;**26**:83-100
- [35] Сефтон М.А., Фрэнсис И.Л., Уильямс П.Дж. Влетучие норисопреноидные соединения в составе древесины дуба, используемые при созревании вина и спирта. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 1990 г.;**38**:2045-2049. DOI: 10.1021/jf00101a009
- [36] Гашпарович Л., Коренёва З., Елеменский И.В. Кинетическое исследование разложения древесной щепы методом ТГА. Химические бумаги. 2010 г.;**64**: 174-181. DOI: 10.2478/s11696-009-0109-4
- [37] дель Аламо М., Берналь Дж.Л., дель Носаль М.Дж., Гомес-Кордовес К. Выдержка красного вина в дубовых бочках: эволюция содержания моносахаридов. Пищевая химия. 2000 г.;**71**: 189-193. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00145-X
- [38] Галафасси С., Мериго А., Пицца Ф., Хеллборг Л., Молинари Ф., Пишкур Дж. и др. Дрожжи *Dekkera/Brettanomyces* для производства этанола из возобновляемых источников в условиях ограниченного содержания кислорода и низкого pH. Журнал промышленной микробиологии и биотехнологии. 2011 г.;**38**: 1079-1088. DOI: 10.1007/s10295-010-0885-4
- [39] Прида А., Шатонне П. Влияние соединений, полученных из дуба, на обонятельное восприятие вин, выдержанных в бочках. Американский журнал энологии и виноградарства. 2010 г.;**61**:408-413
- [40] Cutzach I, Chatonnet P, Henry R, Dubourdieu D. Идентификация летучих соединений с «поджаренным» ароматом в нагретом дубе, используемом в производстве бочек. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 1997 год;**45**:2217-2224. DOI: 10.1021/jf960947d
- [41] Бребу М., Василе С. Термическое разложение лигнина – обзор. Химия и технология целлюлозы. 2009 г.;**44**: 353-363
- [42] Chatonnet P. Ароматические композиции дю bois de chêne cédés aux vins, влияние операций шофера в тоннеллерии. Конн Винье Вин. 1989:81-91. (Специальный выпуск)
- [43] Garde-Cerdán T, Ancín-Azpilicueta C. Обзор факторов качества при выдержке вина в дубовых бочках. Тенденции пищевой науки и технологии. 2006 г.;**17**: 438-447. DOI: 10.1016/j.тифс.2006.01.008
- [44] Думитриу Г.Д., Пейнадо Р.А., Котеа В.В., де Лерма Н.Л. Летучий отпечаток красных вин, выдержанных на чипсах или клепках: влияние времени выдержки и степени обжаривания. Пищевая химия. 2020;**310**:125801

- [45] Рубио-Бретон П., Гарде-Сердан Т., Мартинес Х. Использование фрагментов дуба при выдержке красных вин. Влияние на фенольный, ароматический и органолептический состав вин в зависимости от времени контакта с древесиной. *Напитки*. 2018;**4**:102
- [46] Тоуи Дж. П., Уотерхаус А.Л. Экстракция летучих соединений из бочек из красного и американского дуба в хардоне в течение стрех последовательных стадий. *Американский журнал энологии и виноградарства*. 1996 год;**47**: 163-172
- [47] Сердан Т.Г., Ансин-Аспиликуэта К. Влияние типа дубовой бочки на летучий состав вина: оптимизация времени хранения. *LWT - пищевая наука и технология*. 2006 г.;**39**: 199-205. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.01.009
- [48] Нонье Бурден М.Ф., Вивас Н., Абсалон С., Витри С., Фуке Э., Вивас де Голежак Н. Структурное разнообразие нуклеофильных аддуктов флаванолов и альдегидов древесины дуба. *Пищевая химия*. 2008 г.; **107**: 1494-1505. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.012
- [49] Бланшар Л., Томинага Т., Дюбурдые Д. Образование фурфурилтиола, проявляющего сильный кофейный аромат, во время ферментации в дубовой бочке из фурфурола, выделяемого поджаренными *Улп*. *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2001 г.;**49**: 4833-4835. DOI: 0.1021/jf010539w
- [50] Tominaga T, Blanchard L, Darriet P, Dubourdieu D. Мощный ароматический летучий тиол, 2-фуранметантиол, проявляющий аромат обжаренного кофе в винах, изготовленных из нескольких сортов винограда *Vitis vinifera*. *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2000 г.;**48**: 1799-1802. DOI: 10.1021/jf990660r
- [51] Роланд А., Шнайдер Р., Разунглес А., Кавелье Ф. Сортотипы тиолы в вине: открытие, анализ и применение. *Химические обзоры*. 2011 г.;**111**: 7355-7376. DOI: 10.1021/cr100205b
- [52] Флох М., Шинкарук С., Дарриет П., Понс А. Идентификация и органолептический вклад ванилилтиола в винах. *Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии*. 2016;**64**:1318-1325
- [53] Мартинес-Хиль А., дель Аламо-Санса М., Санчес-Гомес Р., Неварес И. Альтернативные леса в энологии: Характеристика дубильных и низкомолекулярных фенольных соединений по отношению к традиционной древесине дуба. *Обзор. Молекулы*. 2020;**25**:1474. DOI: 10.3390/молекулы25061474
- [54] Вивас Н., Глорисес Ю. Роль эллагитаннинов древесины дуба в процессе окисления красных вин при выдержке. *Американский журнал энологии и виноградарства*. 1996 год; **47**: 103-107
- [55] Puech JL, Feuillat F, Mosedale JR, Puech C. Извлечение эллагитаннинов из дубовой древесины модельных бочек. *Витис*. 1996 год;**35**: 211-214
- [56] Наварро М., Контоудакис Н., Джорданенго Т., Гомес-Алонсо С., Гарсия-Ромеро Э., Форт Ф. и др. Потребление кислорода дубовой стружкой в модельном винном растворе; влияние ботанического происхождения, уровня тостов и содержания эллагитанина. *Пищевая химия*. 2016; **199**:822-827. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.12.081.
- [57] Оберхолстер А., Эльмендорф Б.Л., Лерно Л.А., Кинг Э.С., Хейманн Х., Бреннеман К.Э. и соавт. Созревание ствола, альтернативы дубу и микрооксигенация: влияние на старение и качество красного вина. *Пищевая химия*. 2015 г.;**173**:1250-1258
- [58] Пол Р. Микрооксигенация – где сейчас. В: *Труды Австралийского общества виноделия и энологии. Семинар по использованию газов в виноделии*. Аллен М. и др. редактор. Аделаида: АСВО; Октябрь 2002 г.: 18-30
- [59] ОИВ. Международный кодекс энологической практики. Париж: Международная организация винограда и вина; 2012, 1990

- [60] Блау Д.А. Микрооксигенация в современном виноделии [Диссертация]. Стелленбос, Южная Африка: Cape Wine Academy; 2009 г.
- [61] Лемер Т., Гилис Дж. Ф., Форт Дж. П., Дюкурно П. Микрооксигенация при длительной мацерации и на ранних стадиях созревания красного вина: немедленные эффекты и долгосрочные последствия. В: рук. Потм. Ауст. Wine Ind. Tech. конф. Делайда, Австралия: Австралийское вино промышленная техническая конференция; 2002. С. 33-43.
- [62] Es-Safi NE, Fulcrand H, Cheynier V, Moutounet M. Исследования индуцированной ацетальдегидом конденсации (-)-эпикатехина и мальвидин-3-О-глюкозида в модельной системе растворов. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 1999 г.;**47**:2096-2102
- [63] Vivas N, Bourgeois G, Vitry C, Glories Y, de Freitas V. Определение состава коммерческих экстрактов танинов с помощью масс-спектрометрии жидких вторичных ионов (LSIMS). Журнал науки о продуктах питания и сельском хозяйстве. 1996 год;**72**:309-317
- [64] Oliveira J, de Freitas V, Mateus N. Глава 14 – полимерные пигменты в красных винах. В: Мората А, редактор. Красное вино Технол. Калифорния, США: академическое издательство; 2019. С. 207-218. DOI: 10.1016/978-0-12-814399-5.00014-1
- [65] Дель Кармен Л.М., Каналс Р., Гонсалес-Мансано С., Каналс Дж.М., Сантос-Буэльга С., Самора Ф. Влияние обработки микрооксигенацией перед выдержкой в дубе на состав фенольных соединений, терпкость и цвет красного вина. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2006 г.;**54**:4246-4252
- [66] Сартини Э., Арфелли Г., Фабиани А., Пива А. Влияние чипсов, осадка и микрооксигенации во время старения на фенольный состав красного вина Санджовезе. Пищевая химия. 2007 г.; **104**:1599-1604
- [67] Дель Аламо М., Неварес И., Гальего Л., де Симон Б.Ф., Кадахия Э. Стратегия микрооксигенации зависит от происхождения и размера дубовой стружки или клепки во время ускоренной выдержки красного вина. Analytica Chimica Acta. 2010 г.;**660**: 92-101
- [68] Перес-Магариньо С., Ортега-Эрас М., Кано-Мозо Э., Гонсалес-Санхосе М.Л. Влияние дубовой щепы, обработки микрооксигенацией и сорта винограда на цвет, антоциановый и фенольный состав красных вин. Журнал состава и анализа пищевых продуктов. 2009 г.;**22**:204-211
- [69] Di Stefano R. Composti volatili di vini rossi invecchiati in legno. Вино Италия Л; 1988 год;**30**:9-18
- [70] Masson G, Baumes R, Puech JL, Razungles A. Демонстрация присутствия каротиноидов в древесине: количественное исследование бондарного дуба. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 1997 год;**45**:1649-1652
- [71] Нонье М.Ф., Де Голежак Н.В., Вивас Н., Витри С. Характеристика каротиноидов и продуктов их разложения в древесине дуба. Отношение к аромату древесины. Комптес Рендус Хими. 2004 г.;**7**:689-698
- [72] Maga JA, Chen Z. Пиразиновый состав древесного дыма в зависимости от источника древесины и переменных дымообразования. Журнал вкусов и ароматов. 1985 год;**1**: 37-42
- [73] Шинкарук С., Флох М., Прида А., Дарриет П., Понс А. Идентификация посторонних привкусов диалкилпиперазинов в древесине дуба. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2019; **67**:10137-10144. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b03185
- [74] Шатонне П., Флери А., Буту С. Происхождение и распространенность 2-метокси-3,5-диметилпиперазина, соединения с «грибковым» и «пробковым» ароматом, обнаруживаемого в пробковых пробках и дубовой стружке при контакте с вином. Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2010 г.;**58**:12481-12490

[75] Байано А., Де Джанни А., Ментана А., Квинто М. Влияние обработки дубовой стружкой на связанные с цветом фенолы, летучий состав и органолептический профиль красных вин: случай Альянико и Монтепульчано. Европейские исследования и технологии пищевых продуктов 2016;**242**: 745-767

[76] Гарсия-Карпинтеро Э.Г., Гальего МАГ, Санчес-Паломо Э., Виньяс МАГ. Сенсорно-дескриптивный анализ вин Бобал ре, обработанных дубовой стружкой на разных стадиях виноделия. Австралийский журнал исследований винограда и вина. 2011 г.;**17**: 368-377. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00161.x

[77] Guchu E, Díaz-Maroto MC, Pérez-Coello MS, Gonzalez-Viñas MA, Ibáñez MDC. Летучий состав и органолептические характеристики вин Шардоне, обработанных стружкой из американского и венгерского дуба. Пищевая химия. 2006 г.;**99**: 350-359. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.050

[78] Навойска Дж., Брандес В., Науэр С., Эдер Р., Франчакова Х. Влияние различных видов дубовой стружки на ароматические соединения в вине. Журнал микробиологии, биотехнологии и пищевых наук. 2020;**9**: 957-971

[79] Гутьеррес Афонсо В.Л. Органолептический Дописательный анализ между белыми винами, Жферментированными дубовой стружкой, и п Ябочками. Журнал пищевых наук. 2002 г.;**67**: 2415-2419

[80] Gómez-Plaza E, Bautista-Ortín AV. Глава 10 - новые технологии для выдержки вин: использование чипов и микрооксигенации. В: Мората А, редактор. Технология красного вина. Великобритания, США: Академическая пресса; 2019. С. 149-162. DOI: 10.1016/B978-0-12-814399-5.00010-4

[81] Ортега-Эрас М., Перес-Магариньо С., Кано-Мозо Э., Гонсалес-Сан-Хосе М.Л. Различия в фенольном составе и органолептическом профиле между красными винами, выдержанными в дубовых бочках, и винами, выдержанными

с дубовой стружкой. LWT - пищевая наука и технология. 2010 г.;**43**: 1533-1541. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.05.026

[82] Кано-Лопес М., Баутиста-Ортин А.Б., Пардо-Мингес Ф., Лопес-Рока Х.М., Гомес-Плаза Э. Органолептический описательный анализ красного вина, выдержанного с дубовой стружкой в резервуарах из нержавеющей стали или бывших в употреблении бочках: влияние время контакта и размер дубовой стружки. Журнал качества продуктов питания. 2008 г.;**31**:645-660. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2008.00226.x

[83] Перес-Магариньо С., Ортега-Эрас М., Гонсалес-Санхосе М.Л. Привычки потребления вина и потребительские предпочтения между винами, выдержанными в бочках или с чипсами. Журнал науки о продуктах питания и сельском хозяйстве. 2011 г.;**91**: 943-949. DOI: 10.1002/jsfa.4269

[84] Крамп А., Джонсон Т., Бастиан С., Брувер Дж., Уилкинсон К. Знание потребителей и отношение к роли дуба в виноделии. Международный журнал винных исследований. 2014;**6**:21-30. Доступно по адресу: <https://doi.org/10.2147/IJWR.S70458>.

[85] Эспития-Лопес Дж., Эскалона-Буэндиа Х.Б., Луна Х., Верде-Кальво Дж.Р. Многофакторное исследование эволюции фенольного состава и органолептического профиля во рту мексиканского красного вина мерло, выдержанного в бочках, по сравнению с древесной щепой. Журнал СуТА о еде. 2015 г.;**13**: 26-31. DOI: 10.1080/19476337.2014.907826

[86] Аленкар Н.М., Рибейро Т.Г., Бароне Б., Баррос А.П.А., Маркес А.Т.Б., Беренс Дж.Х. Органолептический профиль и проверка всего применимого (ката) как инструменты для оценки и характеристики вин из сира, выдержанных с дубовой стружкой. Международная организация пищевых исследований. 2019;**124**: 156-164

[87] Арапицас П., Антонопулос А., Стефану Э., Дуртоглу В.Г. Искусственная выдержка вин с использованием дубовой стружки. Пищевая химия. 2004 г.;**86**: 563-570. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.10.003



- [88] Дель Аламо С.М., Эскудеро Дж.А.Ф., Де Кастро Торио Р. Изменения фенольных соединений и цветовых параметров красного вина, выдержанного с дубовой стружкой и в дубовых бочках. Международная организация пищевых наук и технологий. 2004 г.;**10**: 233-241. DOI: 10.1177/1082013204046095
- [89] Del Álamo M, Nevares I, Gallego L, Martin C, Merino S. Маркеры старения красного вина в бутылках, выдержанное в чипсах, аке и в бочках. *Analytica Chimica Acta*. 2008 г.;**621**: 86-99. DOI: 10.1016/j.ака.2008.05.014
- [90] Эрнандес-Орте П., Франко Э., Уэрта К.Г., Гарсия Дж.М., Кабельос М., Субервиола Дж. и др. Критерии различия между винами, выдержанными в дубовых бочках, и винами, мацерированными фрагментами дуба. Международная организация пищевых исследований. 2014;**57**: 234-241. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.01.044
- [91] Laqui-Estaña J, López-Solís R, Pena-Neira Á, Medel-Marabolí M, Obrequé-Slier E. Вина, контактирующие с древесиной дуба: влияние сорта (карменер и каберне совиньон), формата (бочки), чипсы и клепки) и время выдержки на фенольной композиции. *Журнал науки о продуктах питания и сельском хозяйстве*. 2019;**99**: 436-448. DOI: 10.1002/jsfa.9205
- [92] Vichi S, Santini C, Natali N, Iponi C, López-Tamames E, Ixaderas S. Анализ летучих и нелетучих компонентов дубовой древесины щепы методом ускоренной экстракции растворителем (ASE) в сочетании с газовой хроматографией-масс-спектрометрией (GC-MS). *Пищевая химия*. 2007 г.;**102**: 1260-1269. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.023
- [93] Де Россо М., Канчиан Д., Панигел А., Далла Ведова А., Фламини Р. Химические соединения, выделяемые из пяти различных пород дерева, используемые для изготовления бочек для выдержки вин и спиртных напитков: летучие соединения и полифенолы. *Наука и технология древесины*. 2009 г.;**43**: 375-385. DOI: 10.1007/s00226-008-0211-8
- [94] Triacca M, Boldi MO, Rawyler A. Différenciation des vins de barrique et de copeaux. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*. 2013;**45**: 240-247
- [95] Баутиста-Ортин А.Б., Ленчина А.Г., Кано-Лопес М., Пардо-Мингес Ф., Лопес-Рока Х.М., Гомес-Плаза Э. Использование дубовой стружки при выдержке красного вина в резервуарах из нержавеющей стали или бывших в употреблении бочках: Влияние времени контакта и размера дубовой стружки на ароматические соединения. *Австралийский журнал исследований винограда и вина*. 2008 г.;**14**: 63-70. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2008.00008.x
- [96] Петроцциелло М., Бонелло Ф., Аспроуди А., Нарди Т., Цолакис С., Боссо А. и др. Различия в составе ксилотетучих веществ между винами, выдержанными на чипсах или в бочках. *ОЭНО Один*. 2020;**54**(3): 513-522. DOI: 10.20870/oenone.2020.54.3.2923
- [97] Лупассаки С., Абузер М., Басалеку М., Фиссаракис И., Макрис Д.П. Эволюция летучих веществ, связанных с древесиной, во время традиционной и искусственной выдержки коммерческих красных и белых вин: ассоциация с органолептическими анализ. *Международный журнал пищевых исследований*. 2016;**23**(4): 1459-1465
- [98] Гомес Гарсия-Карпинтеро Э., Гомес Гальего М.А., Санчес-Паломо Э., Гонсалес Виньяс М.А. Влияние альтернативный метод выдержки с использованием дубовой стружки в спиртовой или яблочно-молочной ферментации на летучем и органолептическом составе красных вин. *Пищевая химия*. 2012 г.;**134**: 851-863. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.02.194
- [99] Гомес Гарсия-Карпинтеро Э., Санчес-Паломо Э., Гонсалес Виньяс М.А. Летучий состав красных вин Vobal, подвергнутых алкогально-яблочно-молочному брожению с дубовой стружкой. *LWT - пищевая наука и технология*. 2014;**55**: 586-594. DOI: 10.1016/j.wes.2013.10.024

[100] де Симон Б.Ф., Кадахия Э., Муиньо I, Дель Аламо М., Неварес И. Летучая композиция из поджаренных дубовых стружек и клепок и выдержанного с ними красного вина. Американский журнал энологии и виноградарства. 2010 г.;**61**: 157-165

[101] Гарде-Сердан Т., Лоренцо С., Лонсо Г.Л., Салинас М.Р. Использование спектроскопии в Оближней инфракрасной области для Допределения летучих соединений дуба и ЭТхилфенолов в выдержанных красных винах. С Пищевая химия. 2010 г.;**119**:823-828

[102] Гарде-Сердан Т., Лоренцо С., Залакаин А., Алонсо Г.Л., Салинас М.Р. Использование ближней инфракрасной спектроскопии для определения галоанизолов и галофенолов в красных винах, выдержанных в бочках. LWT - пищевая наука и технология. 2012 г.;**46**:401-405

[103] Zhang Y, Chen J, Lei Y, Zhou Q, Sun S, Noda I. Различение различных красных вин с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье и двумерной инфракрасной корреляционной спектроскопии. Журнал молекулярной структуры. 2010 г.;**974**: 144-150. DOI: 10.1016/j.molstruc.2010.03.021

[104] Мишель Дж., Журдес М., Ле Флех А., Джорданенго Т., Мурей Н., Теисседр П.Л. Влияние деревянных бочек, классифицированных NIRS, на содержание эллагитаннина/состав и органолептические свойства вина. Журнал Асельскохозяйственная и пищевая Химия. 013;**61**:11109-11118. DOI: 10.1021/jf403192y

[105] Басалеку М., Паппас С., Тарантилис П., Коцеридис Ю., Каллитрака С. Вайн аутентификация с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье: технико-экономическое обоснование классификации сортов, типов бочковой древесины и времени старения. Международный журнал пищевых наук и технологий. 2017;**52**: 1307-1313. DOI: 10.1111/ijfs.13424

[106] Феррейро-Гонсалес М., Руис-Родригес А., Барберо Г.Ф., Аюсо Дж., Альварес Дж.А., Пальма М. и др. ИК-Фурье, видимый

спектроскопия, цветовой и многофакторный анализ для контроля процессов старения характерных испанских вин. Пищевая химия. 2019;**277**:6-11. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.10.087

[107] Тао С., Ли Дж., Ли Дж., Тан Дж., Ми Дж., Чжао Л. и др. Дискриминантный анализ красных вин разных способов выдержки путем слияния информации БИК- и МИК-спектров. В: Вычисл. вычисл. Технол. Агр. В. Берлин Гейдельберг: Springer; 2012. С. 478-483.

[108] Санчес-Гомес Р., Анхос О., Неварес И., Дельгадо Т., Дель Аламо-Санса М. Различение стареющих вин с альтернативными продуктами из дуба и микрооксигенацией с помощью FTIR-ATR. Витис. 2019;**58**: 77-82

[109] Амаргианитакис М., Спирос А. Метаболомика на основе ЯМР в контроле качества вина и аутентификации. Химические и биологические технологии в сельском хозяйстве. 2017;**4**:9. DOI: 10.1186/s40538-017-0092-x