

УДК 663.25

UDC 663.25

DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-332-354

DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-332-354

**МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ
КОРКОВОЙ ПРОБКИ
НА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ
ПРИ ХРАНЕНИИ
И СОЗРЕВАНИИ ВИН***

**MECHANISMS OF CORTICAL
CORK INFLUENCE
THE BIOTECHNOLOGICAL
PROCESSES TAKING PLACE
DURING STORAGE
AND WINE MATURATION***

Чемисова Лариса Эдуардовна
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»

Chemisova Larisa Eduardovna
Cand. Tech. Sci.
Senior Researcher Associate
of SC «Wine-making»

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

*Federal State
Budget Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

После розлива, в процессе хранения, в вине происходят различные изменения, некоторые из них приводят к желаемой эволюции вина, после которой оно становится более сложным и гармоничным, другие – к неожиданным изменениям, характеризующимся как преждевременное окисление вина (ПОВ). Сложность процесса ПОВ, в котором задействовано также большинство легколетучих ароматических соединений, значительно затрудняет как идентификацию всех продуктов окисления, так и прогнозирование их образования в винах. Большинство исследований в этом направлении сосредоточено на изучении влияния времени хранения вина, разлитого в бутылки, на изменение его цвета, вкуса, уровня окисления. Однако вопросы идентификации маркеров изменения цвета и аромата, а также разработки надежных

After bottling, during storage, various changes occur in the wine, some of them have lead to the desired evolution of wine, after which it becomes much more complex and harmonious, others changes – to unexpected changes, characterized as premature oxidation of wine (PremOx). The complexity of the PremOx process, which also involves the most volatile aromatics, makes it much more difficult to identify all oxidation products and predict their formation in the wines. Most research in this direction focuses on the effect of the storage time of wine bottled on the change in its color, taste, and oxidation level. However, the identification of color and aroma markers, as well as the development of reliable methods for their detection in the wine, and the correlation between

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ–20.1-2/20

* The study was carried out with financially support of the Kuban Science Foundation within the framework of the scientific project No. MFI –20.1-2/20

методов их обнаружения в вине и корреляция между маркерами и укупорочными средствами винных бутылок по-прежнему не изучены. Цель этого обзора – выделить технологические моменты, оказывающие значимое влияние на биотехнологические процессы, способствующие ПОВ при их хранении и созревании, а также установить возможность управления ими. Незнание этих аспектов на сегодняшний день определяет новизну проводимых исследований и ее актуальность в связи с имеющимися проблемами в винодельческой отрасли в вопросах хранения вин, с учетом использования различных типов упаковочных материалов, а также с острой необходимостью изучения влияния уровня дозирования кислорода при выдержке, что позволит управлять биотехнологическими процессами при созревании вин и прогнозировать их качество. Упаковочные средства для вина, в том числе укупорочные, могут представлять интерес для более подробного исследования взаимосвязи их свойств и химических реакций, происходящих в вине. Глубокое исследование механизмов реакции, происходящих в винах после их розлива в упаковку, позволит прояснить факторы, ответственные за сокращение срока хранения вина.

Ключевые слова: УПАКОВОЧНЫЕ СРЕДСТВА, ПРОБКА, УПАКОВКА, ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ ОКИСЛЕНИЕ ВИНА, СОТОЛОН, ОКИСЛЕНИЕ

markers and wine bottle closures have not yet been studied. The purpose of this review is to select the technological points that have a significant impact the biotechnological processes that contribute to PremOx during their storage and maturation, as well as to establish the possibility of their control. The lack of knowledge of these aspects today determines the novelty of the research carried out and its relevance in connection with the existing problems in the wine industry in the field of wine storage, taking into account the use of various types of packaging materials, as well as the urgent need to study the impact of oxygen dosing during exposure, which will allow to manage biotechnological processes when maturing wines and predict their quality. The wine packaging products, including closures, may be of interest for a more detailed study of the relationship between their properties and the chemical reactions occurring in the wine. A deep study of the reaction Mechanismst hat occur in wines after they are poured into the package will allow us to clarify the factors that responsible for reducing the storage period of the wine.

Key words: PACKAGING MEANS, CORK, PACK, PREMATURE OXIDATION OF WINE, SOTOLONE, OXIDATION

Введение. Хранение (созревание) вина сопровождается рядом биотехнологических процессов, при которых биохимические компоненты вина претерпевают значительные изменения за счет постоянного процесса газообмена, причем некоторые из них приводят к желаемой эволюции вина: оно становится более сложным, округлым и сбалансированным. Однако могут произойти неожиданные изменения, связанные с преждевремен-

ным окислением вина (ПОВ), возникающим, когда вино, предположительно с потенциалом старения, окисляется и часто становится не пригодным для питья [1].

Сложность ПОВ, в котором также задействованы ароматы, затрудняет идентификацию всех продуктов окисления и прогнозирование их появления в винах. Несмотря на то, что большинство исследований было сосредоточено на изучении влияния времени после розлива вина в бутылки и на явлениях изменения цвета, однако идентификация маркеров изменения цвета, а также надежные методы их обнаружения в вине и корреляция между маркерами и укупочными средствами винных бутылок все еще неизвестны.

Цель этого обзора – выделить аспекты, оказывающие значимое влияние на биотехнологические процессы, способствующие ПОВ при их хранении и созревании, а также возможность управления ими.

Обсуждение. Кислород, захваченный в свободном пространстве бутылки, в дополнение к количеству кислорода, растворенного в вине, и кислороду, который проникает через пробку в сочетании с условиями хранения (температурой и светом), может изменить окислительный статус вина во время хранения [2]. Поэтапное исследование механизмов, участвующих в процессах химического окисления, с использованием простых модельных систем ведется в течение, как минимум, трех десятилетий.

Такие явления сложны и включают ароматические соединения, приводящие к нескольким продуктам окисления, которые трудно идентифицировать в целом [3, 4]. Поскольку такие условия, как окислительно-восстановительные реакции, температура, кислород, pH и свет, в целом влияют на скорость окисления вина, то научные исследования последних лет были сосредоточены на определенных вопросах, которые играют важную роль в системе хранения и выдержки (созревании) вина – это 1) укупочка бутылок, 2) изменение цвета и 3) трансформация аромата.

Система Вино-Бутылка-Укупорка включает широкий спектр химических компонентов вина, участвующих в связанных явлениях окисления. Это диоксид серы, летучие кислоты, ацетальдегид, компоненты, обуславливающие цвет вина (полифенолы и ароматобразующие вещества), а также химические и микробиологические особенности пробки, наличие свободного пространства на поверхности вина, узкое место горловины бутылки и способы розлива [5]. В этом случае операция розлива в бутылки может привести к попаданию большого количества кислорода в вино.

Помимо розлива в бутылки другие операции, являющиеся как статическими (выдержка в резервуарах, бочках или бутылках), так и динамическими (перекачка, фильтрация и холодная стабилизация), могут увеличить концентрацию кислорода, растворенного в вине. Сосредоточив внимание на розливе в бутылки, являющемся источником обогащения кислородом, необходимо контролировать степень добавления кислорода [6]. Точное количество добавляемого кислорода зависит от операционной системы линии розлива.

Содержание кислорода в готовых бутылках также может быть связано с турбулентностью и контактом с воздухом в конце цикла розлива. В обоих случаях использование инертного газа, например азота, может привести к значительному снижению добавления кислорода во время розлива. Кроме того, во время самой операции укупорки пробка опускается в горлышко, сжимая атмосферу свободного пространства между укупорочным средством и жидкостью.

Если во время укупорки не создается вакуум, это смещение создает потенциальное увеличение растворения кислорода в вине и может привести к четырехкратному увеличению поглощения кислорода и запуску интенсивных окислительных процессов в напитке [3]. В итоге после укупорки бутылка содержит кислород из исходного наливного вина, кислород в свободном пространстве, оставшийся после любой промывки газом или

применения вакуума во время применения укупорочного средства, и любой кислород внутри укупорочного средства с ячеистой структурой, если таковой использовался (рис. 1).

Этот последний кислород со временем будет перемещаться, причем часть кислорода ускользает из бутылки в окружающую среду, а часть попадает внутрь. Со временем может быть установлено устойчивое проникновение [7-9].

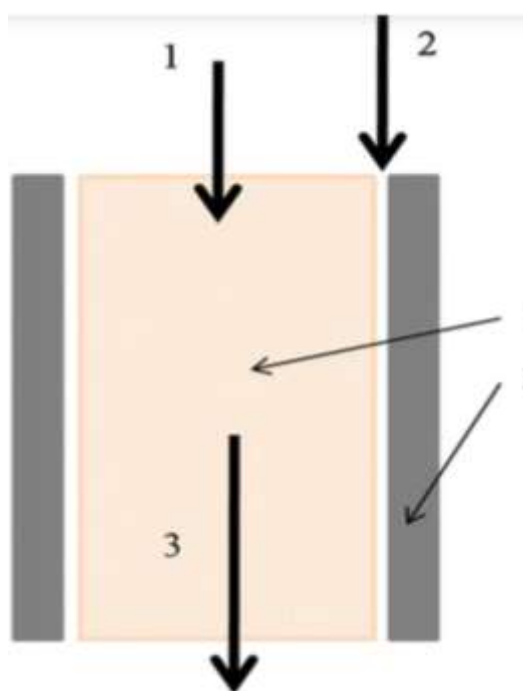


Рис. 1. Пути попадания кислорода в бутылку при хранении и выдержке вина

1 – проникновение через поры пробки;

2 – диффузия на границе между укупорочным средством и бутылкой;

3 – кислород, удаленный из укупорочного средства во время сжатия при укупорке в бутылки.

Скорость проникновения кислорода, диоксида серы (SO_2) и диоксида углерода через упаковку, включая пробку, влияет на срок годности как упакованных пищевых продуктов, так и напитков в бутылках, то есть способствует или ограничивает окисление [7-9]. Соответственно проницаемость материалов для газов играет фундаментальную роль как средство

оценки и прогнозирования изменения качества упакованной продукции. Поток кислорода, который может пройти через упаковку, оценивается как скорость передачи кислорода за 24 часа. Этот параметр зависит как от толщины материала, так и от градиента парциального давления между атмосферой внешней среды и свободным пространством упаковки [5, 10].

Ранее проведенные исследования показали, что вина укупориваемые натуральными или синтетическим пробками [2, 8, 11-13] или упаковываемые в бутылки или в пакеты из различных материалов, в том числе комбинированных [14, 15], или упакованные в пакеты в коробках [16], проявляют разное поведение в процессе хранения. Положение бутылки во время хранения – еще один важный параметр, который следует учитывать, поскольку горизонтальное или вертикальное хранение приводит к массопереносу в газообразном или жидком состоянии [10, 17, 18].

Степень окисления белого вина в бутылке обычно оценивается по цвету – степени потемнения при 420 нм. Данный параметр часто линейно коррелирует со снижением концентрации SO_2 в вине [13, 19, 20]. Тем не менее, это остается общей мерой конкретных последствий реакций окисления, происходящих в вине. Помимо реакции между SO_2 и кислородом в жидкой фазе общая потеря SO_2 также включает различные параллельные реакции, к ним относятся потери в виде испарения через пробку, образование прочно связанных соединений, таких как альдегиды, хиноны или кетокислоты, и медленное окисление SO_2 ранее окисленными фенолами [21]. Таким образом, в дополнение к оптической плотности при 420 нм общий уровень SO_2 в белых винах действует как дополнительное измерение, указывающее на процесс окисления, особенно при рассмотрении с течением времени в зависимости от типа укупорки [13, 22]. Присутствие в винограде антоцианов даже в очень низких концентрациях и их полимеризация дает белым винам в процессе хранения розоватость [23].

В 2019 году итальянскими учеными было показано, что использование некоторых адъювантов, таких как аскорбиновая кислота и катехиновые танины, эффективно предотвращает образование розового цвета. Об обнадеживающих результатах сообщалось также в случае обработки вина УФ-светом [24]. В данном случае, необходимо проведение дальнейших исследований, чтобы прояснить механизмы, лежащие в основе этих биотехнологических процессов, с выделением возможных маркеров для прогнозирования и предотвращения образования компонентов, ответственных за нарушение цвета вина, в целях сохранения его качества, особенно после розлива в бутылки и при хранении, потому что в этом случае невозможно внести только ограниченные меры без каких-либо корректировок.

Долговечность вина в основном связана с появлением приятных вкусовых нот, возникающих из-за свойств винограда, ферментирующих дрожжей, возможных ароматообразующих соединений, переходящих из бочек во время выдержки, а также их дальнейшая трансформация во время хранения и созревания в упаковке. Потеря многих обонятельных нот во время хранения – естественное явление, ограничивающее долговечность вина.

Многие ароматические вещества, такие как терпены и сложные эфиры, довольно нестабильны и разлагаются из-за кислотности вина, особенно при хранении при высокой температуре [25]. Однако некоторые физические и химические факторы могут сократить срок хранения вина до нескольких месяцев или даже недель, когда подобные обонятельные дефекты быстро возникают в результате окислительных явлений, и все они, как правило, связаны с чрезмерным воздействием на вино кислорода [26].

Широкий диапазон используемых описательных выражений ароматов обусловлен количеством соединений, которые могут участвовать в окислительных процессах. Например, ацетальдегид – наиболее представленный альдегид в вине, тем не менее, он не играет непосредственной роли

в запахе ПОВ [27], но он необходим для образования сотолонa – мощного вкусового соединения с интенсивным пряным запахом карри, пажитника и старого меда [28], и его ищут в винах с окисленной выдержкой, таких как Портвейн (5-958 мкг/дм³) [29], Мадейра (0-2000 мкг/дм³) [30], ботритизированные вина (5-20 мкг/дм³) [31].

Несмотря на то, что на него указывают также как на ключевой запах других крепленых вин, сотолон считается дефектом сухого белого вина, так как он может резко снизить интенсивность фруктовых и цветочных нот, а также характер свежести вина [32].

Этот хиральный термолабильный и полярный лактон очень стабилен в водно-спиртовом растворе 14 % об. и при рН вина остается вполне стабильным [33]. Его ароматические характеристики меняются от карамельного при низких концентрациях до карри при высоких концентрациях [32].

Сотолон развивается в вине при его старении в результате ряда химических превращений, включающих реакцию Майяра или деградацию Штрекера – образование при повышенных температурах из пировиноградной α -кетоглутаровой кислот [26, 30, 34-36], за счет окисления аскорбиновой кислоты в присутствии спирта [34, 38], а также путем химического или ферментативного дезаминирования треонина с последующей альдольной конденсацией α -кетомасляной кислоты и этанола [34, 40].

В средах, содержащих аскорбиновую кислоту, такая же реакция может происходить между ацетальдегидом и α -кетомасляной кислотой, образующейся в результате окислительного разложения аскорбиновой кислоты в присутствии этанола [41, 42]. Более того, сотолон также производится по строгому окислительному механизму, основанному на перекисном окислении ацетальдегида [43], который может быть ответственным за высокий уровень сотолонa, обнаруживаемого в окислительных винах (например, Мадейра).

Доказано, что образование сотолона в вине сильно зависит от кислорода, времени хранения [44-49] и температуры [26, 50-53], а также от их синергетического эффекта [45, 47, 51, 54, 55]. С другой стороны, рациональное использование антиоксидантных соединений (например, диоксида серы и глутатиона) и выдержка вина на осадке смягчают образование сотолона из-за их способности восстанавливать растворенный кислород или связывать карбонильную группу предшественников сотолона в вине [34, 47, 56-59].

Кроме того, на изменчивость ухудшения ароматических свойств вина сильно влияют различия в проницаемости для кислорода между разными типами укупорочных средств [60, 61]. Из-за множества химических путей и физических факторов, влияющих на образование сотолона в вине, это соединение было предложено в качестве химического маркера ПОВ при их хранении [57, 61, 62].

Необходимо также отметить, что триптофан может участвовать в процессе окисления, который запускается и интенсифицируется тепловым или световым возбуждением рибофлавина с образованием 2-аминоацетофенона, придающего вину запах влажной шерсти или нафталина. Кроме того, когда вино в бутылках подвергается воздействию света, может происходить реакция с участием метионина и рибофлавина с образованием серосодержащих соединений, а именно метантиола и диметилдисульфида. Как следствие, могут появиться неприятные запахи капусты, лука и чеснока, связанные со световым вкусом [63].

Когда рибофлавин подвергается воздействию света, он достигает синглетного состояния, которое преобразуется в триплетное состояние с помощью системы перекрестного скрещивания. Рибофлавин восстанавливается за счет приобретения двух электронов у донорного соединения, а именно метионина, который окисляется до метионаля. В случае присут-

ствия кислорода образуется синглетный кислород – сильный окислитель, вызывающий нерадикальные реакции. Этот недостаток пагубно сказывается на качестве вина, поскольку, как только он появляется, никакая стратегия исправления не может быть применена к бутылочному вину.

Надлежащее управление виноделием с точки зрения выбора ферментирующих дрожжей, истощения рибофлавина [64], защиты вина от кислорода и от воздействия света [65], возможное использование гидролизующих танинов [66] может предотвратить формирование «вкуса света». Последние могут оказывать комбинированный эффект, поскольку они могут конкурировать с метионином, действуя как поглотитель синглетного кислорода [67] и связывать соединения серы, полученные из окисления метионина [66].

Итак, определение количества кислорода, необходимого для хранения и выдержки вина определенного типа, станет огромным шагом на пути к улучшению качества вина и потребует нахождения определенного измеримого молекулярного параметра в вине, который может быть соотнесен с сенсорной шкалой от восстановительного до окислительного.

В целом, упаковочные средства для вина, в том числе укупорочные, могут представлять интерес для более подробного исследования взаимосвязи их свойств и химических реакций, происходящих в вине. Глубокое исследование механизмов реакций, происходящих в винах после их розлива в упаковку, позволит прояснить факторы, ответственные за сокращение срока хранения вина.

На протяжении многих десятилетий процессу микрооксигенации вина при хранении способствовала выдержка в бочках и использование натуральных корковых пробок, которые имеют ячеистую структуру [68], способствующую кислородному обмену вина (рис. 2).



Рис. 2. Сканирующая электронная микроскопия поперечного сечения пробки *Quercus suber* (масштаб бар 100 лм)

Исследования последних лет показали возможность перехода веществ, нарушающих качество аромата и являющихся потенциально опасными, например трихлоранизол и формальдегид [69-70], которыми могут поделиться натуральные корковые пробки. Однако на современном этапе развития укупорочного производства есть достойные предложения по замене корковых пробок, также позволяющие осуществлять процесс газообмена в вине. На сегодняшний день рынок упаковочных материалов предлагает различные решения для максимально возможного сохранения качества вин. Так, уже на протяжении более 8 лет предлагаются новые виды пробок растительного происхождения, полученные с использованием современных биотехнологических процессов, позволяющих создать гибридную натурально-полимерную пробку, сохраняющую свойства качественных корковых пробок. Производители таких пробок гарантируют дозирование кислорода [71] в целях управления процессами созревания вин за счет варьирования количества и размера микропор.

Кроме того, российскими исследователями-практиками разработана технология производства пробки из возобновляемого древесного сырья [72], которая визуально и тактильно идентична микроагломерированной натуральной корковой пробке. Итак, данная пробка из древесно-

полимерного композита, планируется для укупорки винодельческой продукции, в том числе игристых вин, которая также позволит количественно контролировать и прогнозировать доступ кислорода в вино за счет своей уникальной микропористой ячеистой структуры, с расчетом потенциальной погрешности на сжатие при укупорке бутылки.

Далее сама потребительская упаковка также за последние пару десятилетий претерпела значительные изменения [73-75], помимо классической стеклотылки появились бутылки из полиэтилентерефталата и упаковки из комбинированных материалов на основе картона, полимеров и металлизированных материалов (рис. 3).



Рис. 3. Внутреннее строение упаковки из комбинированных материалов [76]

Процессы, происходящие при хранении вин, которые не предусмотрены для созревания (длительной выдержки), аналогичны, при этом тип используемых упаковок вносит значительные коррективы в этот биотехнологический процесс. Неоспорим тот факт [77], что свойства упаковки – это взаимодействие между упаковкой и ее содержимым, соответственно качество вина во многом определяется степенью обмена веществами между упаковкой и напитком или между внешней средой и напитком.

Учет процесса пермеации, когда вещества проникают через упаковку из внешней среды в напиток или наоборот (тот самый газообмен) или же миграция – переход соединений упаковки в напиток, а также абсорбция –

переход компонентов вина в упаковку, также дает возможность выделения аспектов управления и стабилизации необходимых биотехнологических процессов, происходящих при хранении и созревании вин.

Заключение. Незнученность вышеприведенных аспектов на сегодншний день определяет новизну и актуальность проводимых исследований в связи с имеющимися проблемами в винодельческой отрасли в вопросах хранения вин, с учетом использования различных типов упаковочных материалов (упаковка, укупорка), а также с острой необходимостью изучения влияния уровня дозирования кислорода при выдержке, что позволит управлять биотехнологическими процессами при созревании вин и прогнозировать их качество.

Литература

1. E. Romanini, D. Colangelo, L. Lucini, M. Lambri. Identifying chemical parameters and discriminant phenolic compounds from metabolomics to gain insight into the oxidation status of bottled white wines / Food Chemistry, 288 (2019), pp. 78-85, 10.1016/j.foodchem.2019.02.073.
2. P. Godden, L. Francis, J. Field, M. Gishen, A. Coulter, P. Valente, et al. Wine bottle closures: Physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillon wine - I. Performance up to 20 months post-bottling / Australian Journal of Grape and Wine Research, 7 (2001), pp. 64-105, 10.1111/j.1755-0238.2001.tb00196.x.
3. T. Karbowiak, R.D. Gougeon, J.-B. Alinc, L. Brachais, F. Debeaufort, A. Voilley, D. Chassagne. Wine oxidation and the role of cork / Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50 (1) (2009), pp. 20-52, 10.1080/10408390802248585.
4. J. Andrea-Silva, F. Cosme, L.F. Ribeiro, A.S.P. Moreira, A.C. Malheiro, M.A. Coimbra, M.R.M. Domingues, F.M. Nunes. Origin of the pinking phenomenon of white wines / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 62 (24) (2014), pp. 5651-5659, 10.1021/jf500825h.
5. Riboulet, J. M., & Alegoet C. (1986). Aspects pratiques du bouchage des vins. Bourgogne publications. La Chapelle de Guinchay Ed., France.
6. Reeves, M.J. (2009). Packaging and the shelf life of wine. In G.L. Robertson (Eds.), Food packaging and shelf life a practical guide (pp. 231–257). CRC Press.
7. P. Lopes, C. Saucier, P.-L. Teissedre, Y. Glories. Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54 (18) (2006), pp. 6741-6746, 10.1021/jf0614239.
8. P. Lopes, M.A. Silva, A. Pons, T. Tominaga, Valérie Lavigne, Cédric Saucier, P. Darriet, P.-L. Teissedre, D. Dubourdieu. Impact of oxygen dissolved at bottling and transmitted through closures on the composition and sensory properties of a sauvignon blanc wine during bottle storage / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 57 (21) (2009), pp. 10261-10270, 10.1021/jf9023257.

9. T. Karbowiak, K. Crouvisier-Union, A. Lagorce, J. Ballester, A. Geoffroy, C. Roullier-Gall, J. Chanut, R.D. Gougeon, P. Schmitt-Kopplin, J.-P. Bellat. Wine aging: A bottleneck story / *Science of Food*, 3 (1) (2019), 10.1038/s41538-019-0045-9.
10. K. Crouvisier-Union, J.-P. Bellat, R.D. Gougeon, T. Karbowiak. Gas transfer through wine closures: A critical review / *Trends in Food Science & Technology*, 78 (2018), pp. 255-269, 10.1016/j.tifs.2018.05.021.
11. A.B. Marin, E.M. Jorgensen, J.A. Kennedy, J. Ferrier. Effects of bottle closure type on consumer perceptions of wine quality / *American Journal of Enology and Viticulture*, 58 (2007), pp. 182-191.
12. A.C. Silva Ferreira, C. Oliveira, T. Hogg, P. Guedes de Pinho. Relationship between potentiometric measurements, sensorial analysis, and some substances responsible for aroma degradation of white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51 (16) (2003), pp. 4668-4672, 10.1021/jf034217z.
13. M. Lambri, A. Silva, D.M. De Faveri. Relationships between the inner cellulation of synthetic stoppers and browning of a white wine over eighteen months of storage / *Italian Journal of Food Science*, 24 (2012), pp. 149-158.
14. Fu, Y., Lim, L. T., & McNicholas, P. D. (2009). Changes on enological parameters of white wine packaged in bag-in-box during secondary shelf life / *Journal of Food Science*, 74, 608–618. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01316.x>.
15. M. Ugliano. Oxygen contribution to wine aroma evolution during bottle aging / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (26) (2013), pp. 6125-6136, 10.1021/jf400810v.
16. Агеева Н.М., Чемисова Л.Э., Марковский М.Г. Влияние качества упаковки на сохранность напитков в процессе их хранения [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2014. № 30 (6). С. 143-158. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22485245>.
17. J. Azevedo, I. Fernandes, P. Lopes, I. Roseira, M. Cabral, N. Mateus, V. Freitas. Migration of phenolic compounds from different cork stoppers to wine model solutions: Antioxidant and biological relevance / *European Food Research and Technology*, 239 (6) (2014), pp. 951-960, 10.1007/s00217-014-2292-y.
18. F. Venturi, C. Sanmartina, I. Taglieria, Y. Xiaoguo, M. Quartaccia, C. Sgherria, et al. A kinetic approach to describe the time evolution of red wine as a function of packaging conditions adopted: Influence of closure and storage position / *Food Packaging and Shelf life*, 13 (2017), pp. 44-48, 10.1556/066.2017.0001.
19. E.J. Waters, Z. Peng, K.F. Pocock, P.J. Williams. The role of corks in oxidative spoilage of white wines / *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2 (3) (1996), pp. 191-197, 10.1111/j.1755-0238.1996.tb00108.x.
20. P. Godden, K. Lattey, L. Francis, M. Gishen, G. Cowey, M. Holdstock, et al. Towards offering wine to the consumer in optimal condition- the wine, the closures and other packaging variables: A review of AWRI research examining the changes that occur in wine after bottling / *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 20 (2005), pp. 20-30.
21. J.C. Danilewicz. Reaction of oxygen and sulfite in wine / *American Journal of Enology and Viticulture*, 67 (1) (2016), pp. 13-17, 10.5344/ajev.2015.15069.
22. M. Brajkovich, N. Tibbits, G. Peron, C.M. Lund, S.I. Dykes, P.A. Kilmartin, L. Nicolau. Effect of screwcap and cork closures on SO₂ levels and aromas in a sauvignon blanc wine / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53 (26) (2005), pp. 10006-10011, 10.1021/jf0512813.

23. F. Cosme, J. Andrea-Silva, L. Filipe-Ribeiro, A.S.P. Moreira, A.C. Malheiro, M.A. Coimbra, M.R.M. Domingues, F.M. Nunes, J.-M. Aurand. The origin of pinkish phenomena in white wines: An update / BIO Web of Conferences, 12 (2019), p. 02013, 10.1051/bioconf/20191202013.
24. Cojocar, G. A., & Antoce, A. O. (2019). Effect of certain treatments to prevent or partially reverse the pinkish phenomenon in susceptible white wines. / BIO Web of Conferences, 15, 02003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191502003>.
25. I. Lambropoulos, I.G. Roussis. Inhibition of the decrease of volatile esters and terpenes during storage of wines and a model wine medium by wine phenolic extracts / Food Technology and Biotechnology, 45 (2007), pp. 147-155, 10.1111/j.1365-2621.2007.01562.x.
26. C.M. Oliveira, A.C.S. Ferreira, V. De Freitas, A.M.S. Silva. Oxidation mechanisms occurring in wines / Food Research International, 44 (5) (2011), pp. 1115-1126, 10.1016/j.foodres.2011.03.050.
27. A. Escudero, E. Asensio, J. Cacho, V. Ferreira. Sensory and chemical changes of young white wines stored under oxygen. An assessment of the role played by aldehydes and some other important odorants / Food Chemistry, 77 (3) (2002), pp. 325-331, 10.1016/S0308-8146(01)00355-7.
28. P. Girardon, Y. Sauvaire, J.C. Baccou, J.M. Bessiere. Identification de la 3-hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone dans l'arome des graines de fenugrec (*Trigonella foenum graecum* L.) / Lebensm Wiss Technol., 19 (1986), p. 4446.
29. A.C. Silvia Ferreira, J.C. Barbe, A. Bertrand. 3-Hydroxy-4, 5-dimethyl- 2(5H)-furanone: A key odorant of the typical aroma of oxidative aged port wine / Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51 (2003), pp. 4356-4363, 10.1021/jf0342932.
30. C. J.S. Câmara, J.C. Marques, M.A. Alves, A.C. Silva Ferreira. 3-hydroxy-4,5-dimethyl-2(5 H)-furanone Levels in fortified madeira wines: relationship to sugar content / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52 (22) (2004), pp. 6765-6769, 10.1021/jf049547d.
31. M. Masuda, E.-I.-C. Okawa, K.-I.-C. Nishimura, H. Yunome. Identification of 4,5-dimethyl-3-hydroxy-2(5 H)-furanone (sotolon) and ethyl 9-hydroxynonanoate in botrytised wine and evaluation of the roles of compounds characteristic of it / Agricultural and Biological Chemistry, 48 (11) (1984), pp. 2707-2710, 10.1080/00021369.1984.10866580.
32. Kobayashi, A. (1989). Sotolon-identification, formation and effect on flavor. In R. Teranishi, R.G. Buttery, & F. Shahidi (Eds.), Flavor chemistry: Trends and developments. / ACS Symposium Series, Vol. 388 (pp. 49-59). Washington, DC: American Chemical Society.
33. Martin, B., Etibant, P., & Henry, R. (1990). The chemistry of sotolon: A key parameter for the study of a key component of flor sherry wines. In Bessi Bre, Y. & Thomas, A. (Eds.), Flavour science and technology. Wiley: Chichester, U.K.
34. A. Pons, Valérie Lavigne, Y. Landais, P. Darriet, D. Dubourdieu. Identification of a sotolon pathway in dry white wines / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 58 (12) (2010), pp. 7273-7279, 10.1021/jf100150q.
35. V. Pereira, F.M. Albuquerque, A.C. Ferreira, J. Cacho, J.C. Marques. Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural (F) in fortified wines submitted to overheating conditions / Food Research International, 44 (1) (2011), pp. 71-76, 10.1016/j.foodres.2010.11.011.
36. H. Oliveira e Silva, P. Guedes de Pinho, B.P. Machado, T. Hogg, J.C. Marques, J.S. Câmara, F. Albuquerque, A.C. Silva Ferreira. Impact of forced-aging process on madeira wine flavor / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56 (24) (2008), pp. 11989-11996, 10.1021/jf802147z.

37. V. Pereira, M. Santos, J. Cacho, J.C. Marques. Assessment of the development of browning, antioxidant activity and volatile organic compounds in thermally processed sugar model wines / LWT - Food Science and Technology, 75 (2017), pp. 719-726, 10.1016/j.foodres.2010.11.011.
38. C. Barril, D.N. Rutledge, G.R. Scollary, A.C. Clark. Ascorbic acid and white wine production: A review of beneficial versus detrimental impacts: Ascorbic acid and white wine / Australian Journal of Grape and Wine Research, 22 (2) (2016), pp. 169-181, 10.1111/ajgw.12207.
39. K. Takahashi. 3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone, a brunt flavoring compound from aged sake / Agricultural and Biological Chemistry, 40 (1976), pp. 325-330, 10.1080/00021369.1976.10862054.
40. I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdieu. Rôle du sotolon dans l'arôme des vins doux naturels. Influence Des conditions d'élevage et de vieillissement / Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 32 (1998), pp. 223-233.
41. T. König, B. Gutsche, M. Hartl, R. Hubscher, P. Schreier, W. Schwab. 3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone (sotolon) causing an off-flavor: Elucidation of its formation pathways during storage of citrus soft drinks / Journal of Agricultural and Food Chemistry, 4 (1999), pp. 3288-3291, 10.1021/jf981244u.
42. C. Scholtes, S. Nizet, S. Collin. How sotolon can impart a madeira off-flavor to aged beers / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 63 (11) (2015), pp. 2886-2892, 10.1021/jf505953u.
43. A.K. Pisarnitsky, A.A. Bezzubov, I.A. Egorov. Nonenzymatic formation of 4,5-dimethyl-3-hydroxy-2(5H)-furanone in foodstuffs / Prikl Biokhim Mikrobiol Journal (1987), pp. 642-646.
44. I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdieu. Study of the formation mechanisms of some volatile compounds during the aging of sweet fortified wines / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 47 (7) (1999), pp. 2837-2846, 10.1021/jf981224s.
45. A.C. Silva Ferreira, C. Oliveira, T. Hogg, P. Guedes de Pinho. Relationship between potentiometric measurements, sensorial analysis, and some substances responsible for aroma degradation of white wines / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51 (16) (2003), pp. 4668-4672, 10.1021/jf034217z.
46. J.S. Câmara, M.A. Alves, J.C. Marques. Changes in volatile composition of Madeira wines during their oxidative ageing / Analytica Chimica Acta, 563 (1-2) (2006), pp. 188-197, 10.1016/j.aca.2005.10.031.
47. V. Lavigne, A. Pons, P. Darriet, D. Dubourdieu. Changes in the sotolon content of dry white wines during barrel and bottle aging / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56 (8) (2008), pp. 2688-2693, 10.1021/jf072336z.
48. D. Jacobson, A.R. Monforte, A.C.S. Ferreira. Untangling the chemistry of port wine aging with the use of GC-FID, multivariate statistics, and network reconstruction / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 61 (10) (2013), pp. 2513-2521, 10.1021/jf3046544.
49. A.I. Freitas, V. Pereira, J.M. Leça, A.C. Pereira, F. Albuquerque, J.C. Marques. A simple emulsification-assisted extraction method for the GC-MS/SIM analysis of wine markers of aging and oxidation: Application for studying micro-oxygenation in madeira wine / Food Analytical Methods, 11 (8) (2018), pp. 2056-2065, 10.1007/s12161-018-1176-3.
50. I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdieu. Influence of storage conditions on the formation of some volatile compounds in white fortified wines (Vins doux Naturels) during the aging process / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 48 (6) (2000), pp. 2340-2345, 10.1021/jf9913209.

51. R.C. Martins, A.R. Monforte, A. Silva Ferreira. Port wine oxidation management: A multiparametric kinetic approach / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (22) (2013), pp. 5371-5379, 10.1021/jf4005109.
52. D. Fracassetti, M. Gabrielli, C. Costa, F.A. Tomás-Barberán, A. Tirelli. Characterization and suitability of polyphenols-based formulas to replace sulfur dioxide for storage of sparkling white wine / *Food Control*, 60 (2016), pp. 606-614, 10.1016/j.foodcont.2015.09.005.
53. C. Coetzee, E. Van Wyngaard, K. Šuklje, A.C. Silva Ferreira, W.J. du Toit. Chemical and sensory study on the evolution of aromatic and nonaromatic compounds during the progressive oxidative storage of a sauvignon blanc wine / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 64 (42) (2016), pp. 7979-7993, 10.1021/acs.jafc.6b02174.s001.
54. A.R. Monforte, D. Jacobson, A.C. Silva Ferreira. Chemiomics: Network reconstruction and kinetics of port wine aging / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63 (9) (2015), pp. 2576-2581, 10.1021/jf5055084.
55. M. Gabrielli, D. Fracassetti, E. Romanina, D. Colangelo, A. Tirelli, M. Lambri. Oxygen-induced faults in bottled white wine: A review of technological and chemical characteristics Author links open overlay panel / *Food Chemistry*. Volume 348, 30 June 2021 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128922>.
56. D. Dubourdieu, V. Lavigne. The role of glutathione on the aromatic evolution of dry white wine / *Vinidea.net*, 2 (2004), pp. 1-9.
57. Pons, A., Nikolantonaki, M., Lavigne, V., Shinoda, K., Dubourdieu, D., & Darriet, P. (2015). New insights into intrinsic and extrinsic factors triggering premature aging in white wines. In *Advances in wine research* (pp. 229–251, Vol. 1203). Washington: American Chemical Society Series.
58. E.C. Kritzing, F.F. Bauer, W.J. du Toit. Role of glutathione in winemaking: A review / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (2) (2013), pp. 269-277, 10.1021/jf303665z.
59. G. Badea, O.A. Antoce. Glutathione as a possible replacement of sulfur dioxide in winemaking technologies: A review / *Horticulture*, LIX (2015), pp. 123-140, 10.1016/j.aaspro.2016.09.054.
60. M.A. Silva, M. Julien, M. Jourdes, P.-L. Teissedre. Impact of closures on wine post-bottling development: A review / *European Food Research and Technology*, 233 (6) (2011), pp. 905-914, 10.1007/s00217-011-1603-9.
61. C.M. Mayr, D.L. Capone, K.H. Pardon, C.A. Black, D. Pomeroy, I.L. Francis. Quantitative analysis by GC-MS/MS of 18 aroma compounds related to oxidative off-flavor in wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63 (13) (2015), pp. 3394-3401, 10.1021/jf505803u.
62. A. Pons, V. Lavigne, Y. Landais, P. Darriet, D. Dubourdieu. Distribution and organoleptic impact of sotolon enantiomers in dry white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (5) (2008), pp. 1606-1610, 10.1021/jf072337r.
63. A. Maujean, N. Seguin. Contribution à l'étude des goûts de lumière dans les vins de Champagne. 3. Les réactions photochimiques responsables des goûts de lumière dans le vin de Champagne / *Sciences des Aliments*, 3 (1983), pp. 589-601.
64. D. Fracassetti, M. Gabrielli, J. Encinas, M. Manara, I. Pellegrino, A. Tirelli. Approaches to prevent the light-struck taste in white wine: Prevention of light-struck taste / *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23 (3) (2017), pp. 329-333, 10.1111/ajgw.12295.
65. A.C. Clark, D.A. Dias, T.A. Smith, K.P. Ghiggino, G.R. Scollary. Iron(III) tartrate as a potential precursor of light-induced oxidative degradation of white wine: studies in a model wine system / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59 (8) (2011), pp. 3575-3581, 10.1021/jf104897z.

66. D. Fracassetti, S. Limbo, L. Pellegrino, A. Tirelli. Light-induced reactions of methionine and riboflavin in model wine: Effects of hydrolysable tannins and sulfur dioxide / Food Chemistry, 298 (2019), p. 124952, 10.1016/j.foodchem.2019.124952.
67. D. Fracassetti, A. Tirelli, S. Limbo, M. Mastro, L. Pellegrino, E.M. Ragg. Investigating the role of antioxidant compounds in riboflavin-mediated photo-oxidation of methionine: A ^1H -NMR approach / ACS Omega, 5 (40) (2020), pp. 26220-26229, 10.1021/acsomega.0c03845.s001.
68. Miranda, J. Gominho, H. Pereira. Cellular structure and chemical composition of cork from the Chinese cork oak (*Quercus variabilis*). – J Wood Sci. – 2013, 59:1-9, DOI 10.1007/s10086-012-1300-8.
69. Чемисова Л.Э., Марковский М.Г., Агеева Н.М., Шелудько О.Н. Новый метод определения содержания формальдегида в корковых пробках в соответствии с требованиями Евразийского экономического союза // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 5-6 (377). С. 98-102. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44498365>.
70. Ногниченко Л.Э., Агеева Н.М. Пути образования пробкового тона в виноградных винах // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. № 5-6 (311-312). С. 27-29. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13073910>.
71. Улучшенные внешний вид и тактильность. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vinventions.com/ru/nomacorc-design>.
72. Чемисова Л.Э., Агеева Н.М., Саулин А.П. Тенденции развития проблем на рынке укупорочных средств для виноделия // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 59 (5). С. 92-105. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40552318>.
73. Будущее картонной упаковки. [Электронный ресурс]. URL: <http://vkartone.ru/life-cycle/manufacturing/future-of-packaging/> (дата обращения 12.12.2019).
74. Вино в чистой упаковке, виды упаковки для вина. [Электронный ресурс]. URL: <http://upakovano.ru/articles/4939> (дата обращения 12.12.2019).
75. Пищевая упаковка: виды, технологии производства и тенденции развития отрасли. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kp.ru/guide/pishchevaja-upakovka.html> (дата обращения 13.12.2019).
76. Трунов В.А., Каторгин П.Н. Оборудование для фасования и упаковывания вин в пакеты Тетра Брик Асептик // Пиво и напитки. 2016. № 3. С. 50-52.
77. Э. Шварцльмюллер, Х. Бруггер. Информация об экологической политике № 185. Вена, 2011 г. 73 с.

References

1. E. Romanini, D. Colangelo, L. Lucini, M. Lambri. Identifying chemical parameters and discriminant phenolic compounds from metabolomics to gain insight into the oxidation status of bottled white wines / Food Chemistry, 288 (2019), pp. 78-85, 10.1016/j.foodchem.2019.02.073.
2. P. Godden, L. Francis, J. Field, M. Gishen, A. Coulter, P. Valente, et al. Wine bottle closures: Physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillon wine - I. Performance up to 20 months post-bottling / Australian Journal of Grape and Wine Research, 7 (2001), pp. 64-105, 10.1111/j.1755-0238.2001.tb00196.x.
3. T. Karbowiak, R.D. Gougeon, J.-B. Alinc, L. Brachais, F. Debeaufort, A. Voilley, D. Chassagne. Wine oxidation and the role of cork / Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50 (1) (2009), pp. 20-52, 10.1080/10408390802248585.

4. J. Andrea-Silva, F. Cosme, L.F. Ribeiro, A.S.P. Moreira, A.C. Malheiro, M.A. Coimbra, M.R.M. Domingues, F.M. Nunes. Origin of the pinking phenomenon of white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 62 (24) (2014), pp. 5651-5659, 10.1021/jf500825h.
5. Riboulet, J. M., & Alegoet C. (1986). Aspects pratiques du bouchage des vins. Bourgogne publications. La Chapelle de Guinchay Ed., France.
6. Reeves, M.J. (2009). Packaging and the shelf life of wine. In G.L. Robertson (Eds.), *Food packaging and shelf life a practical guide* (pp. 231–257). CRC Press.
7. P. Lopes, C. Saucier, P.-L. Teissedre, Y. Glories. Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54 (18) (2006), pp. 6741-6746, 10.1021/jf0614239.
8. P. Lopes, M.A. Silva, A. Pons, T. Tominaga, Valérie Lavigne, Cédric Saucier, P. Darriet, P.-L. Teissedre, D. Dubourdieu. Impact of oxygen dissolved at bottling and transmitted through closures on the composition and sensory properties of a sauvignon blanc wine during bottle storage / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57 (21) (2009), pp. 10261-10270, 10.1021/jf9023257.
9. T. Karbowiak, K. Crouvisier-Urien, A. Lagorce, J. Ballester, A. Geoffroy, C. Roullier-Gall, J. Chanut, R.D. Gougeon, P. Schmitt-Kopplin, J.-P. Bellat. Wine aging: A bottleneck story / *Science of Food*, 3 (1) (2019), 10.1038/s41538-019-0045-9.
10. K. Crouvisier-Urien, J.-P. Bellat, R.D. Gougeon, T. Karbowiak. Gas transfer through wine closures: A critical review / *Trends in Food Science & Technology*, 78 (2018), pp. 255-269, 10.1016/j.tifs.2018.05.021.
11. A.B. Marin, E.M. Jorgensen, J.A. Kennedy, J. Ferrier. Effects of bottle closure type on consumer perceptions of wine quality / *American Journal of Enology and Viticulture*, 58 (2007), pp. 182-191.
12. A.C. Silva Ferreira, C. Oliveira, T. Hogg, P. Guedes de Pinho. Relationship between potentiometric measurements, sensorial analysis, and some substances responsible for aroma degradation of white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51 (16) (2003), pp. 4668-4672, 10.1021/jf034217z.
13. M. Lambri, A. Silva, D.M. De Faveri. Relationships between the inner cellulation of synthetic stoppers and browning of a white wine over eighteen months of storage / *Italian Journal of Food Science*, 24 (2012), pp. 149-158.
14. Fu, Y., Lim, L. T., & McNicholas, P. D. (2009). Changes on enological parameters of white wine packaged in bag-in-box during secondary shelf life / *Journal of Food Science*, 74, 608-618. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01316.x>.
15. M. Ugliano. Oxygen contribution to wine aroma evolution during bottle aging / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (26) (2013), pp. 6125-6136, 10.1021/jf400810v.
16. Ageeva N.M., Chemisova L.E., Markovskij M.G. Vliyanie kachestva upakovki na sohrannost' napitkov v processe ih hraneniya [Elektronnyj resurs] // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2014. № 30 (6). S. 143-158. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22485245>.
17. J. Azevedo, I. Fernandes, P. Lopes, I. Roseira, M. Cabral, N. Mateus, V. Freitas. Migration of phenolic compounds from different cork stoppers to wine model solutions: Antioxidant and biological relevance / *European Food Research and Technology*, 239 (6) (2014), pp. 951-960, 10.1007/s00217-014-2292-y.
18. F. Venturi, C. Sanmartina, I. Taglieria, Y. Xiaoguo, M. Quartaccia, C. Sgherria, et al. A kinetic approach to describe the time evolution of red wine as a function of packaging conditions adopted: Influence of closure and storage position / *Food Packaging and Shelf life*, 13 (2017), pp. 44-48, 10.1556/066.2017.0001.

19. E.J. Waters, Z. Peng, K.F. Pocock, P.J. Williams. The role of corks in oxidative spoilage of white wines / Australian Journal of Grape and Wine Research, 2 (3) (1996), pp. 191-197, 10.1111/j.1755-0238.1996.tb00108.x.
20. P. Godden, K. Lattey, L. Francis, M. Gishen, G. Cowey, M. Holdstock, et al. Towards offering wine to the consumer in optimal condition- the wine, the closures and other packaging variables: A review of AWRI research examining the changes that occur in wine after bottling / Australian and New Zealand Wine Industry Journal, 20 (2005), pp. 20-30.
21. J.C. Danilewicz. Reaction of oxygen and sulfite in wine / American Journal of Enology and Viticulture, 67 (1) (2016), pp. 13-17, 10.5344/ajev.2015.15069.
22. M. Brajkovich, N. Tibbits, G. Peron, C.M. Lund, S.I. Dykes, P.A. Kilmartin, L. Nicolau. Effect of screwcap and cork closures on SO₂ levels and aromas in a sauvignon blanc wine / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53 (26) (2005), pp. 10006-10011, 10.1021/jf0512813.
23. F. Cosme, J. Andrea-Silva, L. Filipe-Ribeiro, A.S.P. Moreira, A.C. Malheiro, M.A. Coimbra, M.R.M. Domingues, F.M. Nunes, J.-M. Aurand. The origin of pinkish phenomena in white wines: An update / BIO Web of Conferences, 12 (2019), p. 02013, 10.1051/bioconf/20191202013.
24. Cojocar, G. A., & Antoce, A. O. (2019). Effect of certain treatments to prevent or partially reverse the pinkish phenomenon in susceptible white wines. / BIO Web of Conferences, 15, 02003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191502003>.
25. I. Lambropoulos, I.G. Roussis. Inhibition of the decrease of volatile esters and terpenes during storage of wines and a model wine medium by wine phenolic extracts / Food Technology and Biotechnology, 45 (2007), pp. 147-155, 10.1111/j.1365-2621.2007.01562.x.
26. C.M. Oliveira, A.C.S. Ferreira, V. De Freitas, A.M.S. Silva. Oxidation mechanisms occurring in wines / Food Research International, 44 (5) (2011), pp. 1115-1126, 10.1016/j.foodres.2011.03.050.
27. A. Escudero, E. Asensio, J. Cacho, V. Ferreira. Sensory and chemical changes of young white wines stored under oxygen. An assessment of the role played by aldehydes and some other important odorants / Food Chemistry, 77 (3) (2002), pp. 325-331, 10.1016/S0308-8146(01)00355-7.
28. P. Girardon, Y. Sauvaire, J.C. Baccou, J.M. Bessiere. Identification de la 3-hydroxy-4,5-diméthyl-2(5H)-furanone dans l'arôme des graines de fenugrec (*Trigonella foenum graecum* L.) / Lebensmittel Technol., 19 (1986), p. 4446.
29. A.C. Silvia Ferreira, J.C. Barbe, A. Bertrand. 3-Hydroxy-4, 5-diméthyl- 2(5H)-furanone: A key odorant of the typical aroma of oxidative aged port wine / Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51 (2003), pp. 4356-4363, 10.1021/jf0342932.
30. C.J.S. Câmara, J.C. Marques, M.A. Alves, A.C. Silva Ferreira. 3-hydroxy-4,5-diméthyl-2(5 H)-furanone Levels in fortified madeira wines: relationship to sugar content / Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52 (22) (2004), pp. 6765-6769, 10.1021/jf049547d.
31. M. Masuda, E.-I.-C. Okawa, K.-I.-C. Nishimura, H. Yunome. Identification of 4,5-diméthyl-3-hydroxy-2(5 H)-furanone (sotolon) and ethyl 9-hydroxynonanoate in botrytised wine and evaluation of the roles of compounds characteristic of it / Agricultural and Biological Chemistry, 48 (11) (1984), pp. 2707-2710, 10.1080/00021369.1984.10866580.
32. Kobayashi, A. (1989). Sotolon-identification, formation and effect on flavor. In R. Teranishi, R.G. Buttery, & F. Shahidi (Eds.), Flavor chemistry: Trends and developments. / ACS Symposium Series, Vol. 388 (pp. 49-59). Washington, DC: American Chemical Society.
33. Martin, B., Etibant, P., & Henry, R. (1990). The chemistry of sotolon: A key parameter for the study of a key component of flor sherry wines. In Bessi Bre, Y., & Thomas, A. (Eds.), Flavour science and technology. Wiley: Chichester, U.K.

34. A. Pons, Valérie Lavigne, Y. Landais, P. Darriet, D. Dubourdieu. Identification of a sotolon pathway in dry white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58 (12) (2010), pp. 7273-7279, 10.1021/jf100150q.
35. V. Pereira, F.M. Albuquerque, A.C. Ferreira, J. Cacho, J.C. Marques. Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural (F) in fortified wines submitted to overheating conditions / *Food Research International*, 44 (1) (2011), pp. 71-76, 10.1016/j.foodres.2010.11.011.
36. H. Oliveira e Silva, P. Guedes de Pinho, B.P. Machado, T. Hogg, J.C. Marques, J.S. Câmara, F. Albuquerque, A.C. Silva Ferreira. Impact of forced-aging process on madeira wine flavor / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (24) (2008), pp. 11989-11996, 10.1021/jf802147z.
37. V. Pereira, M. Santos, J. Cacho, J.C. Marques. Assessment of the development of browning, antioxidant activity and volatile organic compounds in thermally processed sugar model wines / *LWT - Food Science and Technology*, 75 (2017), pp. 719-726, 10.1016/j.foodres.2010.11.011.
38. C. Barril, D.N. Rutledge, G.R. Scollary, A.C. Clark. Ascorbic acid and white wine production: A review of beneficial versus detrimental impacts: Ascorbic acid and white wine / *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22 (2) (2016), pp. 169-181, 10.1111/ajgw.12207.
39. K. Takahashi. 3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone, a brunt flavoring compound from aged sake / *Agricultural and Biological Chemistry*, 40 (1976), pp. 325-330, 10.1080/00021369.1976.10862054.
40. I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdieu. Rôle du sotolon dans l'arôme des vins doux naturels. Influence Des conditions d'élevage et de vieillissement / *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 32 (1998), pp. 223-233.
41. T. König, B. Gutsche, M. Hartl, R. Hubscher, P. Schreier, W. Schwab. 3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone (sotolon) causing an off-flavor: Elucidation of its formation pathways during storage of citrus soft drinks / *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4 (1999), pp. 3288-3291, 10.1021/jf981244u.
42. C. Scholtes, S. Nizet, S. Collin. How sotolon can impart a madeira off-flavor to aged beers / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63 (11) (2015), pp. 2886-2892, 10.1021/jf505953u.
43. A.K. Pisarnitsky, A.A. Bezzubov, I.A. Egorov. Nonenzymatic formation of 4,5-dimethyl-3-hydroxy-2(5H)-furanone in foodstuffs / *Prikl Biokhim Mikrobiol Journal* (1987), pp. 642-646.
44. I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdieu. Study of the formation mechanisms of some volatile compounds during the aging of sweet fortified wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47 (7) (1999), pp. 2837-2846, 10.1021/jf981224s.
45. A.C. Silva Ferreira, C. Oliveira, T. Hogg, P. Guedes de Pinho. Relationship between potentiometric measurements, sensorial analysis, and some substances responsible for aroma degradation of white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51 (16) (2003), pp. 4668-4672, 10.1021/jf034217z.
46. J.S. Câmara, M.A. Alves, J.C. Marques. Changes in volatile composition of Madeira wines during their oxidative ageing / *Analytica Chimica Acta*, 563 (1-2) (2006), pp. 188-197, 10.1016/j.aca.2005.10.031.
47. V. Lavigne, A. Pons, P. Darriet, D. Dubourdieu. Changes in the sotolon content of dry white wines during barrel and bottle aging / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (8) (2008), pp. 2688-2693, 10.1021/jf072336z.

48. D. Jacobson, A.R. Monforte, A.C.S. Ferreira. Untangling the chemistry of port wine aging with the use of GC-FID, multivariate statistics, and network reconstruction / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (10) (2013), pp. 2513-2521, 10.1021/jf3046544.
49. A.I. Freitas, V. Pereira, J.M. Leça, A.C. Pereira, F. Albuquerque, J.C. Marques. A simple emulsification-assisted extraction method for the GC-MS/SIM analysis of wine markers of aging and oxidation: Application for studying micro-oxygenation in madeira wine / *Food Analytical Methods*, 11 (8) (2018), pp. 2056-2065, 10.1007/s12161-018-1176-3.
50. I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdieu. Influence of storage conditions on the formation of some volatile compounds in white fortified wines (Vins doux Naturels) during the aging process / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48 (6) (2000), pp. 2340-2345, 10.1021/jf9913209.
51. R.C. Martins, A.R. Monforte, A. Silva Ferreira. Port wine oxidation management: A multiparametric kinetic approach / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (22) (2013), pp. 5371-5379, 10.1021/jf4005109.
52. D. Fracassetti, M. Gabrielli, C. Costa, F.A. Tomás-Barberán, A. Tirelli. Characterization and suitability of polyphenols-based formulas to replace sulfur dioxide for storage of sparkling white wine / *Food Control*, 60 (2016), pp. 606-614, 10.1016/j.foodcont.2015.09.005.
53. C. Coetzee, E. Van Wyngaard, K. Šuklje, A.C. Silva Ferreira, W.J. du Toit. Chemical and sensory study on the evolution of aromatic and nonaromatic compounds during the progressive oxidative storage of a sauvignon blanc wine / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 64 (42) (2016), pp. 7979-7993, 10.1021/acs.jafc.6b02174.s001.
54. A.R. Monforte, D. Jacobson, A.C. Silva Ferreira. Chemiomics: Network reconstruction and kinetics of port wine aging / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63 (9) (2015), pp. 2576-2581, 10.1021/jf5055084.
55. M. Gabriellia, D. Fracassettib, E. Romaninia, D. Colangeloa, A. Tirellib, M. Lambri. Oxygen-induced faults in bottled white wine: A review of technological and chemical characteristics Author links open overlay panel / *Food Chemistry*. Volume 348, 30 June 2021 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128922>.
56. D. Dubourdieu, V. Lavigne. The role of glutathione on the aromatic evolution of dry white wine / *Vinidea.net*, 2 (2004), pp. 1-9.
57. Pons, A., Nikolantonaki, M., Lavigne, V., Shinoda, K., Dubourdieu, D., & Darriet, P. (2015). New insights into intrinsic and extrinsic factors triggering premature aging in white wines. In *Advances in wine research* (pp. 229–251, Vol. 1203). Washington: American Chemical Society Series.
58. E.C. Kritzinger, F.F. Bauer, W.J. du Toit. Role of glutathione in winemaking: A review / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (2) (2013), pp. 269-277, 10.1021/jf303665z.
59. G. Badea, O.A. Antoce. Glutathione as a possible replacement of sulfur dioxide in winemaking technologies: A review / *Horticulture*, LIX (2015), pp. 123-140, 10.1016/j.aaspro.2016.09.054.
60. M.A. Silva, M. Julien, M. Jourdes, P.-L. Teissedre. Impact of closures on wine post-bottling development: A review / *European Food Research and Technology*, 233 (6) (2011), pp. 905-914, 10.1007/s00217-011-1603-9.
61. C.M. Mayr, D.L. Capone, K.H. Pardon, C.A. Black, D. Pomeroy, I.L. Francis. Quantitative analysis by GC-MS/MS of 18 aroma compounds related to oxidative off-flavor in wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63 (13) (2015), pp. 3394-3401, 10.1021/jf505803u.
62. A. Pons, V. Lavigne, Y. Landais, P. Darriet, D. Dubourdieu. Distribution and organoleptic impact of sotolon enantiomers in dry white wines / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (5) (2008), pp. 1606-1610, 10.1021/jf072337r.

63. A. Maujean, N. Seguin. Contribution à l'étude des goûts de lumière dans les vins de Champagne. 3. Les réactions photochimiques responsables des goûts de lumière dans le vin de Champagne / *Sciences des Aliments*, 3 (1983), pp. 589-601.
64. D. Fracassetti, M. Gabrielli, J. Encinas, M. Manara, I. Pellegrino, A. Tirelli. Approaches to prevent the light-struck taste in white wine: Prevention of light-struck taste / *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23 (3) (2017), pp. 329-333, 10.1111/ajgw.12295.
65. A.C. Clark, D.A. Dias, T.A. Smith, K.P. Ghiggino, G.R. Scollary. Iron(III) tartrate as a potential precursor of light-induced oxidative degradation of white wine: studies in a model wine system / *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59 (8) (2011), pp. 3575-3581, 10.1021/jf104897z.
66. D. Fracassetti, S. Limbo, L. Pellegrino, A. Tirelli. Light-induced reactions of methionine and riboflavin in model wine: Effects of hydrolysable tannins and sulfur dioxide / *Food Chemistry*, 298 (2019), p. 124952, 10.1016/j.foodchem.2019.124952.
67. D. Fracassetti, A. Tirelli, S. Limbo, M. Mastro, L. Pellegrino, E.M. Ragg. Investigating the role of antioxidant compounds in riboflavin-mediated photooxidation of methionine: A ¹H-NMR approach / *ACS Omega*, 5 (40) (2020), pp. 26220-26229, 10.1021/acsomega.0c03845.s001.
68. Miranda, J. Gominho, H. Pereira. Cellular structure and chemical composition of cork from the Chinese cork oak (*Quercus variabilis*). – *J Wood Sci.* – 2013, 59:1–9, DOI 10.1007/s10086-012-1300-8.
69. Chemisova L.E., Markovskij M.G., Ageeva N.M., Shelud'ko O.N. Novyj metod opredeleniya soderzhaniya formal'degida v korkovyh probkah v sootvetstvii s trebovaniyami Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. 2020. № 5-6 (377). S. 98-102. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44498365>.
70. Nognichenko L.E., Ageeva N.M. Puti obrazovaniya probkovogo tona v vinogradnyh vinah // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. 2009. № 5-6 (311-312). S. 27-29. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13073910>.
71. Uluchshennye vneshnij vid i taktil'nost'. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.vinventions.com/ru/nomacorc-design>.
72. Chemisova L.E., Ageeva N.M., Saulin A.P. Tendencii razvitiya problem na rynke ukuporochnyh sredstv dlya vinodeliya // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2019. № 59 (5). S. 92-105. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40552318>.
73. Budushchee kartonnoj upakovki. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://vkartone.ru/life-cycle/manufacturing/future-of-packaging/> (data obrashcheniya 12.12.2019).
74. Vino v chistoj upakovke, vidy upakovki dlya vina. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://upakovano.ru/articles/4939> (data obrashcheniya 12.12.2019).
75. Pishchevaya upakovka: vidy, tekhnologii proizvodstva i tendencii razvitiya ot-rasli. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.kp.ru/guide/pishchevaya-upakovka.html> (data obrashcheniya 13.12.2019).
76. Trunov V.A., Katargin P.N. Oborudovanie dlya fasovaniya i upakovyvaniya vin v pakety Tetra Brik Aseptik // *Pivo i napitki*. 2016. № 3. S. 50-52.
77. E. Shvarcl'myuller, H. Brugger. Informaciya ob ekologicheskoy politike № 185. Vena, 2011 g. 73 s.