

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-130-138>

Поступила 22.02.2023

Поступила после рецензирования 19.04.2023

Принята в печать 24.04.2023

© Дубинина Е. В., Моисеева А. А., Андриевская Д. В., Трофимченко В. А., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ КАЧЕСТВА ИГРИСТЫХ ВИН В ПРОЦЕССЕ ИХ ХРАНЕНИЯ

Дубинина Е. В., Моисеева А. А.,* Андриевская Д. В., Трофимченко В. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной
и винодельческой промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

игристые вина, срок годности, изменение качества, цвет бутылки, условия хранения, влияние температуры, влияние света

АННОТАЦИЯ

Срок годности игристого вина представляет собой показатель, который может изменяться в зависимости от воздействия на продукт большого количества внешних факторов. К таким факторам относятся условия транспортирования, температура хранения, влажность, воздействие света, а также качество упаковки. В действующей нормативной документации регламентируются определенные требования к условиям транспортирования и хранения игристых вин, однако, они часто нарушаются, что приводит к значительному ухудшению качества продукции. Настоящий обзор посвящен вопросам изучения изменений качественных характеристик вин в процессе их хранения и транспортирования. Показано, что интенсивность физико-химических изменений, происходящих в вине при хранении, зависит от температурных режимов, наличия вибрации и воздействия света. Вопрос влияния температурных режимов хранения на качественные характеристики винодельческой продукции, в том числе игристых вин, изучен довольно подробно. Большинство исследователей считают, что для поддержания стабильного качества игристого вина необходимо его хранить и транспортировать при постоянной температуре, не превышающей 20 °С. В научных публикациях существуют различные мнения о проблеме влияния цвета бутылки на изменение химического состава и сохранение качественных характеристик как тихих, так и игристых вин при хранении. Установлено, что бутылки из более темного стекла позволяют в большей степени защитить вино от воздействия света, особенно в его ультрафиолетовом и видимом коротковолновом ($\lambda=400$ нм) диапазонах, и предотвратить появление в вине так называемого «вкуса света» (*gout de lumière*). Показано, что причинами появления «вкуса света» в шампанском являются серосодержащие соединения, образующиеся в результате фотохимических реакций. Установлено, что интенсивность этих реакций зависит от степени освещенности, а также от присутствия в вине рибофлавина и ионов железа (III). Сделан вывод о том, что контроль за количеством света, воздействию которого подвергаются вина, может предотвратить ухудшение их качества при хранении и продлить срок годности. Рассмотрена также возможность предупреждения фотодеградации вина за счет использования различных антиоксидантов. Исходя из имеющихся в научных публикациях сведений, изучение условий развития негативных изменений в вине под действием света является важным аспектом с точки зрения оценки рисков при хранении продукции.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работа выполнена в рамках Федеральной программы «Научное обоснование проектирования технологий новых видов напитков на основе изучения характеристических особенностей традиционного и нетрадиционного сырья растительного происхождения» FGUS-2022–0012.

Received 22.02.2023

Accepted in revised 19.04.2023

Accepted for publication 24.04.2023

© Dubinina E. V., Moiseeva A. A., Andrievskaya D. V., Trofimchenko V. A., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

EFFECT OF EXTERNAL FACTORS ON THE STABILITY OF SPARKLING WINE QUALITY DURING STORAGE

Elena V. Dubinina, Aleksandra A. Moiseeva,* Darya V. Andrievskaya, Vladimir A. Trofimchenko

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry, Moscow, Russia

KEY WORDS:

sparkling wines, shelf life, quality changes, bottle color, storage conditions, influence of temperature, light exposure

ABSTRACT

The shelf life of sparkling wine is an indicator that can vary depending on the impact of a large number of external factors on the product. These factors include transportation conditions, storage temperature, humidity, exposure to light, and packaging quality. The current regulatory documentation regulates certain requirements for the storage conditions of sparkling wines, but they are often violated during transportation and storage, which leads to a significant deterioration in the quality of products. This review is devoted to the study of changes in the quality characteristics of wines during their storage and transportation. It is shown that the intensity of physico-chemical changes occurring in wine during storage depends on temperature conditions, the presence of vibration and exposure to light. The issue of the influence of temperature storage conditions on the quality characteristics of wine products, including sparkling wines, has been studied in some detail. Most researchers are of the opinion that in order to maintain a stable quality of wine, it is necessary to store and transport it at a constant temperature not exceeding 20 °C. In scientific publications, there are different views on the problem of the influence of bottle color on the change in chemical composition and the preservation of the quality characteristics of both still and

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дубинина, Е. В., Моисеева, А. А., Андриевская, Д. В., Трофимченко, В. А. (2023). Влияние внешних факторов на стабильность качества игристых вин в процессе их хранения. *Пищевые системы*, 6(2), 130-138. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-130-138>

FOR CITATION: Dubinina, E. V., Moiseeva, A. A., Andrievskaya, D. V., Trofimchenko, V. A. (2023). Effect of external factors on the stability of sparkling wine quality during storage. *Food Systems*, 6(2), 130-138. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-130-138>

sparkling wines during storage. It has been found that bottles made of darker glass allow protecting wine to a greater extent from the effects of light, especially in its ultraviolet and visible short-wave ($\lambda = 400$ nm) range, and prevent the appearance of the so-called “taste of light” (gout de lumière) in the wine. It is shown that the causes of the appearance of the “taste of light” in champagne are sulfur-containing compounds formed as a result of photochemical reactions. It has been found that the intensity of these reactions depends on the degree of illumination, as well as the presence of riboflavin and iron (III) ions in the wine. It is concluded that controlling the amount of light to which wines are exposed can prevent deterioration of their quality during storage and extend the shelf life. The possibility of preventing photodegradation of wine through the use of various antioxidants is also considered. Based on the information available in scientific publications, the study of the development of negative changes in wine under the influence of light is an important aspect from the point of view of risk assessment during product storage.

FUNDING: The work was carried out within the framework of the Federal program “Scientific justification for the design of technologies for new types of drinks based on the study of the characteristic features of traditional and non-traditional raw materials of plant origin” FGUS-2022–0012.

1. Введение

Как известно, качество игристых вин, популярность которых в последние годы постоянно растет, определяется в первую очередь совокупностью их органолептических и физико-химических характеристик. Эти показатели должны соответствовать не только требованиям действующей нормативной документации, но и ожиданиям потребителей. Игристое вино ассоциируется у большинства людей с праздником, поэтому его особые органолептические свойства, включая пенообразование, количество и размер пузырьков, а также продолжительность игры, должны быть неизменными на протяжении всего срока его годности. В соответствии с требованиями ГОСТ 33336–2015¹, срок годности игристых вин устанавливает производитель, который, как правило, не ограничивает его определенными временными рамками. Вместе с тем известно, что стабильность качества игристого вина в потребительской упаковке, произведенного любым регламентированным способом, определяется прежде всего соблюдением обязательных требований к используемому исходному сырью [1], а также к материалам [2,3]. Важными факторами качества игристого вина являются особенности технологического процесса производства [4,5], включая купажирование [6] и соблюдение установленных условий хранения готового продукта [7]. Таким образом, срок годности вина представляет собой довольно трудно оценимый показатель, который может изменяться в зависимости от химического состава вина, а также ввиду воздействия многих положительных и отрицательных факторов, влияющих на качество игристого вина при хранении.

2. Влияние упаковки

К факторам, оказывающим существенное влияние на сохранение качества игристого вина при хранении, относятся: температура хранения [8], влажность, воздействие электромагнитного излучения, в том числе видимого света [9], а также качество упаковки [10]. Классическим видом упаковки игристых вин являются бутылки из натрий-кальций-силикатного стекла, обеспечивающего прозрачность, непроницаемость для кислорода и инертность в отношении продукта. Стекланные бутылки, предназначенные для упаковки игристых вин, согласно действующей классификации относятся к первой группе и выдерживают давление диоксида углерода не менее 300–350 кПа. Кроме того, бутылки должны соответствовать еще ряду требований нормативной документации, в том числе выдерживать определенный перепад температур, а также быть водостойкими в соответствии с требованиями ГОСТ 32131–2021². Исследования

российских специалистов [11] показали, что в целом стекланные бутылки, используемые для упаковки винодельческой продукции, соответствуют установленным нормам. При этом было отмечено, что длительное хранение стекланных бутылок на складах предприятий (свыше 6 месяцев) приводит к необратимым изменениям в структуре стекла, что в свою очередь отрицательно отражается на сохранении качества готовой продукции.

В настоящее время в Российской Федерации в качестве упаковки для игристых вин используют бутылки из бесцветного, коричневого или оливкового, реже — классического зеленого стекла. Выбор цвета бутылок игристого вина производителями, как правило, основан на получении наиболее привлекательного внешнего вида продукта для потребителя. Однако, как известно, правильный выбор цвета бутылки может повысить продолжительность срока годности вина за счет снижения негативного влияния электромагнитного излучения на его качество [12]. По некоторым данным, бутылки из более темного стекла в большей степени защищают вино от воздействия электромагнитного излучения, так как снижают пропускание ультрафиолетового излучения [13]. Ранее было показано, что УФ-лучи и голубая часть видимого спектра ($\lambda = 350–500$ nm) оказывают негативное влияние на химический состав и органолептические характеристики вина и других продуктов, таких как, например, пиво и молоко [14].

При исследовании влияния цвета бутылок на сохранение качества вина при хранении без контроля температуры, что характерно для множества небольших торговых организаций, установлено, что в зеленых бутылках исходный цвет белого вина Шардоне сохранялся лучше по сравнению с вином, содержащимся в бесцветных бутылках [15,16]. Это согласовывалось с характеристиками бутылок, причем даже самые темные бутылки (антично-зеленые) пропускали некоторое количество ультрафиолетовых лучей. Эксперимент, проведенный с выдержкой вина под воздействием ламп накаливания при контролируемой температуре (38 ± 2 °C), показал усиление интенсивности цвета белого вина, хранящегося в бесцветных бутылках [16,17].

Позже проводились исследования [17] по оценке изменений химического состава и органолептических свойств белого вина Совиньон блан во время его хранения. Вино хранилось при температуре 14–20 °C в течение 8 месяцев в условиях искусственного освещения в бутылках из коричневого, зеленого, янтарного и бесцветного стекла. В результате были выявлены существенные различия между образцами по цвету и по содержанию общего количества фенольных веществ и отдельных соединений. Было установлено, что после одного месяца хранения во всех образцах, находящихся в цветных бутылках, общее содержание фенольных веществ было несколько выше, по сравнению с образцами в бесцветных бутылках. Уменьшение концентрации фенольных

¹ ГОСТ 33336–2015. Вина игристые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. — с. 11.

² ГОСТ 32131–2021 Упаковка стеклнная. Бутылки для алкогольной и безалкогольной пищевой продукции. Общие технические условия. М.: Российский институт стандартизации, 2021. — с. 15.

веществ в бесцветных бутылках на первом этапе хранения авторы связывали с протеканием реакций гидролиза и образования определенных комплексов [18]. Кроме того, исследования Maugu C. и др. [13] с использованием бутылок различного цвета показали снижение абсорбции, соответствующее снижению концентрации общих фенолов, при длине волны 280 нм. Уменьшение абсорбции наблюдалось образцах, хранившихся в бесцветных и зеленых бутылках. Установлено, что при хранении вина в бесцветной бутылке снижалась общая концентрация фенольных веществ и мономерных соединений, таких, например, как оксикоричная кислота, особенно в последний период хранения. При хранении в бесцветных бутылках также снижалась величина интенсивности поглощения при 420 нм более чем на 30% от первоначального значения. При использовании темных бутылок (коричневых, зеленых и янтарных) этот показатель снижался крайне незначительно, причем минимальные изменения величины поглощения при 420 нм были зафиксированы для янтарной бутылки.

Авторы исследования [17] также отметили, что интенсивность окраски образцов белого вина, хранившихся в бесцветных бутылках, в конце эксперимента была существенно ниже, чем в образцах, хранившихся в темных бутылках. Этот результат ученые связывали с повышенной способностью темных бутылок сохранять тепло, что при высокой концентрации ионов железа, как было показано ранее [19], может способствовать образованию окрашенных соединений, усиливающих интенсивность цвета вина в темных бутылках. При этом было установлено, что использование бесцветной бутылки в результате хранения в течение 8 месяцев приводило к усилению растительных оттенков в аромате белого вина, а при хранении в темных бутылках к концу эксперимента в аромате образцов преобладали более приятные тропические и цитрусовые тона [17].

Исследования влияния цвета бутылок на стабильность качества белого вина Шардоне, проведенные в Австралии, показали, что при хранении продукции, упакованной в бутылки разного цвета, в темном помещении при комнатной температуре цвет бутылки не оказывал влияния на интенсивность окислительных процессов. В то же время было установлено, что бутылки из бесцветного стекла в большей степени пропускают ультрафиолетовые лучи, чем бутылки из зеленого стекла, что приводило к образованию соединений ксантилиевого типа и к развитию желтой пигментации вина [20].

В 2021 году итальянские специалисты [21] изучали процессы хранения сладкого вина *Malvasia delle Lipari*. Для проведения исследования была создана имитация торгового зала розничного магазина с искусственным освещением. Продукция хранилась под холодным белым светом и флуоресцентными лампами. Результаты показали, что цвет бутылок (бесцветные, зеленые, янтарные) не оказывал существенного влияния на качественные характеристики вина. Авторами было установлено, что наиболее сильно на процессы изменения химического состава вина влияла интенсивность освещенности и температура хранения.

Также исследования условий хранения мускатного игристого вина в зеленых, янтарных и бесцветных бутылках в течение 12 месяцев, проведенные бразильскими специалистами, не выявили существенного влияния цвета бутылки на изменение качества продукта [22]. Изменения качественных характеристик игристого вина исследователи связывали с продолжительностью хранения. Было показано, что в процессе хранения значительно возрастало содержание катехина, сопровождающееся усилением желтизны во всех образцах, независимо от цвета бутылки. Кроме того, при

изучении влияния цвета бутылки на антиоксидантную активность (АОА) *in vitro* с применением DPPH-метода было установлено повышение этого показателя в игристом вине, хранившемся в прозрачных бутылках шесть месяцев. А при хранении вина в зеленых и янтарных бутылках АОА увеличивалась на девятый месяц хранения. При использовании АВТS-метода показатель АОА возрастал в зеленых и янтарных бутылках на шестой месяц хранения, а в бесцветных бутылках — на девятый месяц. Как известно, повышение АОА обусловлено протеканием различных ферментативных и неферментативных реакций (гидролиза, полимеризации, конденсации, окисления), изученных в ряде работ [23–25]. Увеличение АОА белого вина при хранении было также зафиксировано ранее в других исследованиях [26,27].

В ходе изучения влияния цвета бутылки на сохранение качественных характеристик белого вина, упакованного в бутылки из зеленого и бесцветного стекла, при хранении в типичных условиях на полке супермаркета в течение 50 дней было установлено, что в целом бутылки из зеленого стекла обеспечили сохранение качества вина на протяжении всего периода тестирования. Напротив, у всех испытуемых образцов вина, упакованного в бутылки из бесцветного стекла, обнаружилось ухудшение аромата и вкуса из-за попадания внутрь света через 20–40 дней с начала проведения эксперимента [28].

Таким образом, в научных публикациях отражены результаты отдельных исследований влияния цвета бутылки на изменение химического состава и на сохранение качественных характеристик как тихих, так и игристых вин при хранении. Как показывает анализ литературных источников, более темное стекло бутылок в большей степени защищает вино от вредного воздействия электромагнитного излучения и предупреждает появление в вине так называемого «вкуса света» (*gout de lumière*).

3. Влияние условий хранения

Срок годности вина по существу начинается с его разлива в бутылки. С этого момента, как показали исследования [29], качество продукта может изменяться на протяжении всего периода хранения и доставки до потребителя. Известно, что при транспортировании винодельческой продукции и при ее хранении на складах, а затем на полках магазинов, рекомендуемые производителем условия хранения зачастую нарушаются, что может вызывать изменения физико-химического состава и органолептических характеристик продукта. Основными условиями, влияющими на механизм и кинетику реакций, протекающих в вине при хранении, являются колебания температуры [30,31], наличие растворенного кислорода [32] и воздействие света [28,33].

Ранее было установлено, что температура является ключевым фактором, влияющим на качество вина при его транспортировании и хранении [34,35]. Так, Ough [36] показал, что длительное хранение вина при температуре свыше 25 °C приводит к необратимому ухудшению его качества. То же самое происходит при более коротком сроке хранения при температуре 40 °C. Воздействие повышенной температуры на продукт может проявляться в изменении цвета вина, а также его аромата и вкуса. Появление коричневых оттенков в цвете игристого вина кава (Cava) при выдержке исследователи связывали с процессами окисления фенольных веществ [37,38]. Эти изменения могут являться индикатором влияния относительно высокой температуры на качество вина при его длительном транспортировании и хранении [39].

Результаты исследования влияния температуры на качественные характеристики розового игристого вина показали значительные различия в цветовых характеристиках

и вкусо-ароматических свойствах образцов, хранившихся в течение 9 месяцев в темноте при температуре 5 °С и 30 °С [40]. Автором показано, что более подходящие условия для сохранения стабильного качества розового игристого вина в процессе хранения создаются при температуре 5 °С. Хранение при повышенной температуре (30 °С) в темноте приводило к усилению желтой пигментации, результатом чего являлось преобладание желтого оттенка в цвете испытуемых образцов. Кроме того, повышенная температура хранения способствовала значительному снижению цветочных оттенков и появлению в аромате розового игристого вина жженных тонов.

Исследования влияния температуры на состав и концентрацию летучих компонентов белых и красных вин, проведенные зарубежными специалистами, показали, что хранение вина при повышенной температуре приводило к увеличению концентрации витиспирана и 1,1,6-триметил-1,2-дигидронафталина (ТДН), ответственного за появление в аромате Рислинга тонов керосина [41]. При этом концентрация изоамилацетата, гексилацетата и 2-фенилацетата снижалась. Максимальные изменения состава летучих компонентов и трансформация аромата белых и красных вин были зафиксированы при температуре около 40 °С. В меньшей степени на изменение состава летучих компонентов влияли колебания температуры в пределах от 20 °С до 40 °С, а хранение при температуре 20 °С в течение 21 дня практически не привело к изменениям состава летучих компонентов испытываемых вин. Также было отмечено снижение концентрации важных этиловых эфиров и ацетатов, отвечающих за наличие фруктовых оттенков в аромате вин, в частности изоамилацетата, при хранении в условиях неконтролируемой температуры. При температуре 5 °С сокращения концентрации этих веществ не наблюдалось [42]. Было показано, что после воздействия переменной температуры на вина в бутылках в их составе повышалась концентрация таких эфиров, как этиллактат, диэтилсукцинат, этилмоносуцинат и диэтилмалат. Авторы делают вывод о том, что хранение бутилированных вин при низкой температуре позволяет лучше сохранять тип молодого белого вина, так как при этом замедляются основные химические процессы, проходящие при более высоких температурах.

В научных публикациях довольно часто встречаются исследования, в которых говорится о приглушении цветочных и фруктовых оттенков в аромате белых вин при повышении температуры их хранения. Это обусловлено интенсификацией процессов окисления и гидролиза. Хранение вин при более низких температурах, напротив, способствует сохранению фруктовых ароматов в вине [43,44]. При помощи методов математической статистики (РСА и LDA) было установлено, что температура оказывает наиболее сильное влияние на состав и концентрацию летучих компонентов, по сравнению с другими изучаемыми факторами, включая время и положение бутылок с вином. Выявлено, что концентрация изоамилацетата снижалась в результате хранения вина в условиях колебания температуры от 10,5 °С до 25,3 °С, по сравнению с вином, хранившимся при температуре в пределах 15–20 °С. Также колебания температуры хранения привели к повышению концентрации этилбутирата, этиллактата и диэтилсукцината, что, по мнению авторов [45], объясняет появление тонов перезревших фруктов и пряных оттенков в аромате и вкусе вина. Сделан вывод о важности и необходимости поддержания температуры хранения вина на постоянном уровне.

Таким образом, анализ научных публикаций показал, что вопрос влияния температурных режимов хранения на качественные характеристики винодельческой продукции, в том

числе игристых вин, изучен довольно подробно. Большинство исследователей придерживаются мнения о том, что для поддержания стабильного качества вина необходимо его хранить и транспортировать при постоянной температуре, не превышающей 20 °С. Это отражено в действующих нормативных и технических документах (ГОСТ, ТУ).

В современных научных публикациях кроме изучения влияния температуры на продукцию важное место занимает исследование воздействия света (электромагнитного излучения) от различных источников на изменение качественных характеристик вин при хранении.

Французские ученые [46] определили, что причинами появления «вкуса света» в шампанском являются серосодержащие соединения, образующиеся в результате фотохимических реакций, происходящих под воздействием флуоресцентного или солнечного света. Авторы показали, что рибофлавин, активируемый коротковолновым светом с длиной волны 370 нм и 440 нм, способен присоединять два протона от метионина, содержащегося в вине. Продуктом этой реакции является метиональ, из которого в результате цикла фотохимических превращений образуется диметилсульфид (ДМС), диметилдисульфид (ДМДС), метантиол и сероводород. Все эти вещества обладают довольно неприятным запахом, который в значительной степени ухудшает органолептическую характеристику игристого вина. Изучалось также влияние катионов меди (Cu^{++}), дитионита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) и танинов в составе вина на негативные процессы, протекающие при воздействии света. Было показано, что катионы меди наиболее сильно задерживают развитие посторонних тонов в игристом вине.

Исследования с использованием флуоресцентных ламп и методов органолептического анализа, направленные на определение характерных тонов «вкуса света» (LST) в игристом вине, были проведены в Калифорнии [47]. Лампы мощностью 40 Вт располагали на расстоянии 35 см от поверхности вертикально стоящих бутылок с игристым вином. Источники света были подобраны так, чтобы их спектр включал ультрафиолетовую и видимую часть световых волн, имитируя таким образом солнечный свет. Эксперимент проводили в течение 72 часов с периодической органолептической оценкой аромата. Было установлено, что воздействия таким излучением в течение 3 часов достаточно для заметной трансформации аромата в игристом вине. Также было установлено, что бутылки даже из зеленого стекла не полностью защищают игристое вино от воздействия света — ощутимые изменения аромата в этом случае были определены на вторые сутки эксперимента. Основные трансформации аромата под действием света характеризовались снижением интенсивности цитрусовых тонов и повышением интенсивности негативных оттенков аромата, описываемых как «вареная капуста», «жареная кукуруза», «мокрая шерсть» и «соя», что привело к значительному ухудшению органолептической характеристики игристого вина.

Было обнаружено, что ультрафиолетовый и в меньшей степени видимый свет с низкой длиной волны способствовал образованию желтого пигмента в белом вине шардоне [15]. Опыт с добавлением рибофлавина в вино показал, что он быстро разлагался при воздействии излучения с длиной волны менее 400 нм. Авторы установили, что продукт разложения рибофлавина может способствовать увеличению поглотительной способности вина в видимой области. Такой эффект возникает при воздействии света на состав продукта. Кроме того, было показано, что рибофлавин, присутствующий в вине даже в небольших концентрациях, в результате фоторазрушения может вызвать появление «вкуса света»

(LST), характеризующегося неприятными запахами [48]. Авторами описаны фотохимические реакции, которые, как считается, играют определенную роль в изменениях цвета, аромата, состава летучих веществ, концентрации кислорода и диоксида серы в белом вине в бутылках [49,50]. К ним относится сенсibilизированное рибофлавином окисление метионина, приводящее к образованию метантиола и диметилдисульфида, а также фотодеградация тартрата железа (III), которая приводит к появлению глиоксиловой кислоты. Последняя реагирует с флаван-3-олами с образованием желтых катионных пигментов ксантилиа [51].

Таким образом, воздействие света может быть причиной значительных изменений аромата и вкуса вина, в том числе в результате образования летучих серосодержащих соединений, а также приводит к окислительному покоричневению. Неприятный привкус и аромат, вызванные светом и обусловленные присутствием рибофлавина, ассоциируются с «овощными» тонами — капусты и лука.

Исследования влияния степени освещенности холодным белым светом на изменение качественных характеристик вина *Malvasia delle Lipari* показали, что изменение цветовых характеристик образцов вина в процессе хранения в течение 90 дней происходили пропорционально увеличению освещенности с 2671 лк (1 флуоресцентная лампа) до 16 127 лк (6 флуоресцентных ламп) [21]. Так, при использовании только одной лампы значение величины «а*» (хроматическая характеристика красных оттенков в цвете вина) повысилось за время хранения в 1,5 раза, в то время как при применении 6 ламп — в 2,3 раза. В образцах, хранившихся при более высокой освещенности, величина насыщенности цвета через три месяца хранения была в среднем выше на 2,8–5,2 ед., по сравнению с образцами, хранившимися при минимальной освещенности. Кроме того, было установлено, что увеличение степени освещенности приводило к значительному повышению концентрации таких высокотоксичных веществ, как гидроксиметилфурфурол (в 2,8–4,7 раза) и фурфурол (в 0,6–1,9 раза).

Было рассмотрено и оценено по сенсорным, спектрофотометрическим и колориметрическим параметрам использование портативного прибора для светового облучения белых вин Пино-гри и Шардоне в различном диапазоне длин волн разной продолжительности [52]. Результаты эксперимента показали, что воздействие света с различными длинами волн приводит к изменению сенсорных характеристик вина и к появлению тонов окисленности. Воздействие света в течение 20 минут оказалось достаточно, чтобы установить значительные изменения органолептических свойств вина. Особенно сильно эти изменения проявлялись под влиянием белого и голубого света. Была выявлена хорошая корреляция ($R_2 > 0,89$) между освещенностью и оптической плотностью при 420 нм, а также между другими хроматическими характеристиками вина. Авторами работы предложена методология для оценки окислительной стабильности белых вин при хранении, предусматривающая совместное использование портативной установки для проведения окислительного стресса образца и колориметрического измерения.

В работе [53] показано, что хранение вин в течение года при освещении светодиодными лампами способствовало большей потере общего и свободного SO_2 по сравнению с винами, хранившимися в темноте. Также в условиях имитации прилавка супермаркета в винах появилась больше коричнево-желтоватых тонов за счет окисления флаван-3-олов, в отличие от образцов, на которые не воздействовал свет. Так, снижение общего диоксида серы в образцах, хранившихся в темноте, в среднем составляло около 40% от

первоначальной концентрации, а в образцах, хранившихся при свете — почти 50%. Наиболее существенные изменения были отмечены в содержании биологически активных компонентов: в образцах, хранившихся под действием света, концентрация катехина составила всего 32%, а транс-ресвератрола — 25% от его первоначального содержания; при хранении в темноте в вине сохранилось более 67% катехина и 97% транс-ресвератрола. Кроме того, под воздействием света в вине наблюдались значительные изменения в концентрации отдельных летучих компонентов: если в исходном вине концентрация изоамилацетата составляла 6,0–6,8 мг/дм³, а в образцах, хранившихся в темноте — 2,5–2,7 мг/дм³, то в образцах, находящихся под действием света — не более 0,2 мг/дм³. За счет влияния света в вине также повышалась концентрация этиллактата и этил-2-гидрокси-3-метилбутаноата — более чем в 2,5 и 2 раза соответственно. Сильной трансформации под действием света подвергались также терпеновые спирты; например, линалоол почти полностью окислялся с образованием транс- и цис-оксидов. Эти изменения привели к снижению интенсивности фруктовых и цветочных ароматов. В то же время увеличилось содержание летучих соединений, связанных с признаками старения продукта, таких как витиспирин, 1,1,6-триметил-1,2-дигидронафталин и производные фурана.

Установлено, что вина в бутылках из бесцветного стекла, хранившиеся на нижней полке, где попадание света минимальное, проявили большую устойчивость к воздействию света по сравнению с винами на верхней полке. Более того, хранение вин в темноте и холоде после периода воздействия света не устранило выявленные дефекты [28].

В другой работе [54] показано, что кратковременное (не более 10 дней) воздействие света от светодиодных (LED) источников не оказывает существенного негативного влияния на органолептические свойства белых и розовых вин, в отличие от ультрафиолетового света, который способствовал образованию высоких концентраций летучих сульфосоединений, разрушению рибофлавина (RF) и ухудшению органолептической характеристики испытуемых вин. С целью повышения устойчивости вина к воздействию света было предложено использовать определенные расы дрожжей *S. cerevisiae* и *S. bayanus*, вырабатывающих минимальное количество рибофлавина (RF) (менее 30 мкг/дм³), в то время как большинство штаммов дрожжей *S. cerevisiae* во время спиртового брожения выделяют от 80 до 170 мкг/дм³ рибофлавина [55].

Отрицательное воздействие ультрафиолетового и флуоресцентного света на вино было отмечено и в другом исследовании [56]. Его результаты показали, что эти виды освещения вызвали значительные изменения в содержании свободного диоксида серы, а также приводили к нарушению соотношения Fe (III) к Fe (II) и снижению концентрации мальвидин-3-О-глюкозида. Как ультрафиолетовое излучение, так и белый флуоресцентный свет оказывали негативное влияние на качество розового вина. Изучение химизма изменений состава вина под действием света с использованием модельной системы на основе раствора винной кислоты, содержащей железо в концентрации 5 мг/дм³, показало, что световое воздействие ксеноновой дуговой лампы приводило к окислительной деградации винной кислоты и к образованию глиоксиловой кислоты, в то время как в условиях отсутствия железа и/или света глиоксиловая кислота не образовывалась [57].

Многие авторы делают вывод, что контроль за количеством света, воздействию которого подвергаются вина, может предотвратить ухудшение качества продукции при хранении и продлить срок ее годности [17, 21, 52, 53].

В ряде работ [50,58–61] была оценена возможность использования диоксида серы, глутатиона и дубильных веществ каштана в качестве антиоксидантов, предотвращающих отрицательное влияние света и появление посторонних тонов в аромате и вкусе вина, путем добавления их по отдельности или в различных комбинациях. Высокая эффективность совместного использования этих антиоксидантов для предотвращения появления «вкуса света» (LST) была доказана в результате работы с модельными растворами вина и в серии экспериментов с молодым белым вином [58]. Причем по степени эффективности предотвращения фотодеградации вина вышеуказанные антиоксиданты были распределены в следующем порядке: дубильные вещества каштана > глутатион > диоксид серы [62].

Таким образом, в научных публикациях довольно подробно описан механизм образования веществ, отвечающих за ухудшение качества вина при его хранении под действием различных факторов внешней среды. При этом большое внимание было уделено влиянию света, в том числе были предложены различные способы, позволяющие снизить его негативное воздействие. Изучение причин и условий развития негативных изменений в вине под действием электромагнитного излучения является важным аспектом с точки зрения оценки рисков при хранении продукции.

4. Выводы

Анализ данных, представленных в научных публикациях, показал, что хранение вин, в том числе игристых, является важным этапом, влияющим на их качественные характеристики. Во время хранения продукции в бутылках могут происходить глубокие изменения цвета, аромата и вкуса вина, интенсивность которых во многом зависит от воздействия внешних факторов, в том числе от температурных режимов, наличия вибрации, воздействия света. Установлено, что свет в видимой и ультрафиолетовой частях спектра является одним из важнейших факторов, снижающих качество винодельческой продукции. Довольно подробно изучен химизм и кинетика процессов, проходящих при хранении отдельных видов тихих вин. В данном аспекте рассматривались определенные условия хранения и влияние упаковки на качество продукта. Было показано, что правильный выбор используемой для хранения вина бутылки способствует защите продукции от воздействия внешней среды и продлению срока ее годности.

В бутылках с игристыми винами, в отличие от тихих, в определенных концентрациях содержится газообразный, растворенный и связанный диоксид углерода, который может оказывать влияние на стабильность качества продукции при хранении. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на определение реальных сроков годности игристых вин с учетом их физико-химического состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Оганесянц, Л. А., Панасюк, А. Л. (2022). Специальная технология виноделия. СПб.: Профессия, 2022.
- Авидзба, А. М., Макаров, А. С., Яланецкий, А. Я., Шмигельская, Н. А., Лутков, И. П., Шалимова, Т. Р. и др. (2017). Исследование качества виноматериалов из различных сортов винограда для возможного использования их в производстве игристых вин. Магарач. *Виноградарство и виноделие*, 2, 31–35.
- Оганесянц, Л. А., Песчанская, В. А., Дубинина, Е. В. (2018). Совершенствование оценки качества столовых виноматериалов для игристых вин. *Пиво и напитки*, 3, 72–75.
- Христюк, В. Т., Струкова, В. Е., Лазутин, А. А., Агеева, Н. М. (2000). Влияние технологических приемов подготовки шампанских виноматериалов на их игристые и пенные свойства. Известия высших учебных заведений. *Пищевая технология*, 1, 49–52.
- Рейтблат, Б. Б., Оганесянц, Л. А., Дубинчук, Л. В., Моисеева, А. А. (2016). Исследование процесса обогащения игристых вин биологически активными веществами осадочных дрожжей. *Виноделие и виноградарство*, 5, 20–24.
- Оганесянц, Л. А., Дубинчук, Л. В., Ротару, И. А., Драган, В. М. (2013). Влияние танинсодержащих соединений на качественные показатели ликёра. *Виноделие и виноградарство*, 3, 9–11.
- Echave, J., Barral, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., Simal-Gandara, J. (2021). Bottle aging and storage of wines: A review. *Molecules*, 26(3), Article 713. <https://doi.org/10.3390/molecules26030713>
- Ricci, A., Parpinello, G. P., Versari, A. (2017). Modelling the evolution of oxidative browning during storage of white wines: Effects of packaging and closures. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 472–479. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13303>
- Del Caro, A., Piombino, P., Genovese, A., Moio, L., Fanara, C., Piga, A. (2014). Effect of bottle storage on colour, phenolics and volatile composition of Malvasia and Moscato white wines. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 35(1), 128–138. <https://doi.org/10.21548/35-1-992>
- Худякова, О. Д. (2012). Тара для напитков как фактор сохранения качества готовой продукции. *Сибирский торгово-экономический журнал*, 16, 116–119.
- Агеева, Н. М., Чемисова, Л. Э., Марковский, М. Г. (2014). Влияние качества упаковки на сохранность напитков в процессе их хранения [Электронный ресурс]. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 30(6), 143–158.
- Саришвили, Н. Г., Новикова, В. Н., Горшкова, А. Т., Полякова, Г. И. (1987). Влияние цвета стекла бутылки на качество вина. *Виноделие и виноградарство*, 2, 35–37.
- Maury, C., Clark, A., Scollary, G. (2010). Determination of the impact of bottle colour and phenolic concentration on pigment development in white wine stored under external conditions. *Analytica Chimica Acta*, 660(1–2), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.11.048>
- Blake, A., Kotseridis, Y., Brindle, I. D., Inglis, D., Pickering, G. J. (2010). Effect of light and temperature on 3-alkyl-2-methoxypyrazine concentration and other impact odourants of Riesling and Cabernet franc wine during bottle ageing. *Food Chemistry*, 119(3), 935–944. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.052>
- Dias, D. A., Smith, T. A., Ghiggino, K. P., Scollary, G. A. (2012). The role of light, temperature and wine bottle colour on pigment enhancement in white wine. *Food Chemistry*, 135(4), 2934–2941. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.068>
- Dias, D. A., Clark, A. C., Smith, T. A., Ghiggino, K. P., Scollary, G. R. (2013). Wine bottle colour and oxidative spoilage: Whole bottle light exposure experiments under controlled and uncontrolled temperature conditions. *Food Chemistry*, 138(4), 2451–2459. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.024>
- Cáceres-Mella, A., Flores-Valdivia, D., Laurie, V. F., López-Solis, R., Peña-Neira, A. (2014). Chemical and sensory effects of storing Sauvignon blanc wine in colored bottles under artificial light. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(29), 7255–7262. <https://doi.org/10.1021/jf501467f>
- Recamales, A., Sayago, A., González-Miret, M. L., Hernanz, D. (2006). The effect of time and storage conditions on the phenolic composition and colour of white wine. *Food Research International*, 39(2), 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.07.009>
- Clark, A., Vestner, J., Barril, C., Maury, C., Prenzler, P., Scollary, G. (2010). The influence of stereochemistry of antioxidants and flavanols on oxidation processes in a model wine system: Ascorbic acid, erythorbic acid, (+)-catechin and (–)-epicatechin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2), 1004–1011. <https://doi.org/10.1021/jf903233x>
- Dias, D. A., Ghiggino, K. P., Smith, T. A., Scollary, G. R. (2010). Wine Bottle Colour and Oxidative Spoilage. School of Chemistry: The University of Melbourne, 80.
- Arena, E., Rizzo, V., Licciardello, F., Fallico, B., Muratore, G. (2021). Effects of light exposure, bottle colour and storage temperature on the quality of Malvasia Delle Lipari sweet wine. *Foods*, 10(8), Article 1881. <https://doi.org/10.3390/foods100818812021>
- De Souza, J. F., De Souza Nascimento, A. M., Silva Linhares, M. S., Prudêncio Dutra, M. C., Lima, M.S., Pereira, G. E. (2018). Evolution of phenolic compound profiles and antioxidant activity of Syrah red and sparkling Moscatel wines stored in bottles of different colors. *Beverages*, 4(4), Article 89. <http://doi.org/10.3390/beverages4040089>
- Родоупло, А. К. (1983). Основы биохимии виноделия. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.
- Garrido, J., Borges, F. (2013). Wine and grape polyphenols — A chemical perspective. *Food Research International*, 54(2), 1844–1858. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.002>
- Оганесянц, Л. А., Андриевская, Д. В., Песчанская, В. А., Урусова, Л. М., Ревина, А. А., Ульянова, Е. В. и др. (2010). Влияние различных сроков

- хранения на биологическую активность вин. *Виноделие и виноградарство*, 6, 11–14.
26. Mustelk, J., García-Alonso, M., Martín-López, M. P., Žemlička, M., Rivas-Gonzalo, J. C. (2007). Measurement of antioxidant activity of wine catechins, procyanidins, anthocyanins and pyranoanthocyanins. *International Journal of Molecular Sciences*, 8(8), 797–809. <https://doi.org/10.3390/i8080797>
 27. Kallthra, S., Salacha, M. I., Tzourou, I. (2009). Changes in phenolic composition and antioxidant activity of white wine during bottle storage: Accelerated browning test versus bottle storage. *Food Chemistry*, 113(2), 500–505. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.083>
 28. Arapitsas, P., Dalledonne, S., Scholz, M., Catapano, A., Carlin, S., Mattivi, F. (2020). White wine light-strike fault: A comparison between flint and green glass bottles under the typical supermarket conditions. *Food Packaging and Shelf Life*, 24(5), Article 100492. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.100492>
 29. Hartley, A. (2008). Bulk shipping of wine and its implications for product quality Retrieved from <https://vineandwine.vin/en/articles/the-bulk-shipping-of-wine-versus-bottling-at-source/> Accessed January 19, 2023
 30. Benítez, P., Castro, R., Natera, R., Barroso, C. G. (2006). Changes in the polyphenolic and volatile content of “Fino” Sherry wine exposed to high temperature and ultraviolet and visible radiation. *European Food Research and Technology*, 222(3), 302–309. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0126-7>
 31. Butzke, C. E., Vogt, E. E., Chacón-Rodríguez, L. (2012). Effects of heat exposure on wine quality during transport and storage. *Journal of Wine Research*, 23(1), 15–25. <https://doi.org/10.1080/09571264.2011.646254>
 32. Lopes, P., Saucier, C., Teissèdre, P.-L., Glories, Y. (2006). Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6741–6746. <https://doi.org/10.1021/jf0614239>
 33. Maujean, A., Haye, M., Feuillat, M., Thomas, J. C., Petit, D. (1978). Contribution à l'étude des «goûts de lumière» dans le vin de champagne. II. Influence de la lumière sur le potentiel d'oxydoreduction. Corrélation avec la teneur en thiols du vin. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 12(4), 277–290. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.1978.12.4.1427>
 34. Presa-Owens, C. D. L., Noble, A. C. (1997). Effect of storage at elevated temperatures on aroma of Chardonnay wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 48(3), 310–316. <https://doi.org/10.5344/ajev.1997.48.3.310>
 35. Marquez, L., Dunstall, S., Bartholdi, J., Maccawley, A. (2012). «Cool or hot»: A study of container temperatures in Australian wine shipments. *Australasian Journal of Regional Studies*, 18(3), 420–443.
 36. Ough, C. S. (1992). *Winemaking basics*. Binghamton, N. Y.: The Haworth Press, Inc., 1992.
 37. Ibern-Gómez, M., Andrés-Lacueva, C., Lamuela-Raventós, R. M., Buxaderas, S., Singleton, V. L., de la Torre-Boronat, M. C. (2000). Browning of Cava (sparkling wine) during aging in contact with lees due to the phenolic composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(1), 29–36. <https://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.1.29>
 38. Serra-Cayuela, A., Aguilera-Curiel, M. A., Riu-Aumatell, M., Buxaderas, S., Lopez-Tamames, E. (2013). Browning during biological aging and commercial storage of Cava sparkling wine and the use of 5-HMF as a quality marker. *Food Research International*, 53(1), 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.010>
 39. Betnga, P. F. T., Longo, E., Poggesi, S., Boselli, E. (2021). Effects of transport conditions on the stability and sensory quality of wines. *OENO One*, 2, 197–208. <https://doi.org/10.20870/oeno-ne.2021.55.2.4524>
 40. Benucci, I. (2019). Impact of post-bottling storage conditions on colour and sensory profile of a rosé sparkling wine. *LWT*, 118, Article 108732. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108732>
 41. Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S. et al. (2010). Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 337–347. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004187993.i-382.372010>
 42. Pérez-Coella, M. C., González-Viñas, M. A., García-Romero, E., Díaz-Maroto, M. C., Cabezudo, M. D. (2003). Influence of storage temperature on the volatile compounds of young white wines. *Food Control*, 14(5), 301–306. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00094-4)
 43. Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R., Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 21(S1), 713–722. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12196>
 44. Vázquez-Pateiro, I., Arias-González, U., Mirás-Avalos, J. M., Falqué, E. (2020). Evolution of the aroma of treixadura wines during bottle aging. *Foods*, 9(10), Article 1419. <https://doi.org/10.3390/foods9101419>
 45. Recamales, A. F., Gallo, V., Hernanz, D., González-Miret, M. L., Heredia, F. J. (2011). Effect of time and storage conditions on major volatile compounds of Zalema white wine. *Journal of Food Quality*, 34(2), 100–110. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00371.x>
 46. Maujean, A., Seguin, N. (1983). 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(4), 589–601. (In French).
 47. Dozon, N. M., Noble, A. C. (1989). Sensory study of the effect of fluorescent light on a sparkling wine and its base wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 40(4), 265–271. <https://doi.org/10.5344/ajev.1989.40.4.265>
 48. Grant-Preece, P., Barril, C., Schmidtke, L. M., Scollary, G. R., Clark, A. C. (2015). Light-induced changes in bottled white wine and underlying photochemical mechanisms. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 753–754. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.919246>
 49. Grant-Preece, P., Barril, C., Leigh, M., Schmidtke, L. M., Clark, A. C. (2018). Impact of fluorescent lighting on the browning potential of model wine solutions containing organic acids and iron. *Food Chemistry*, 243, 239–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.093>
 50. Fracassetti, D., Limbo, S., Pellegrino, L., Tirelli, A. (2019). Light-induced reactions of methionine and riboflavin in model wine: Effects of hydrolysable tannins and sulfur dioxide. *Food Chemistry*, 298, Article 124952. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124952>
 51. Fracassetti, D., Canito, A. D., Bodon, R., Messina, N., Vigentini, I., Foschino, R. et al. (2021). Light-struck taste in white wine: Reaction mechanisms, preventive strategies and future perspectives to preserve wine quality. *Trends in Food Science and Technology*, 112, 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.013>
 52. Celotti, E., Lazaridis, G., Figelj, J., Scutaru, Y., Natolino, A. (2022). Comparison of a rapid light-induced and forced test to study the oxidative stability of white wines. *Molecules*, 27(1), Article 326. <https://doi.org/10.3390/molecules27010326>
 53. Díaz-Maroto, M. C., Viñas, M. L., Marchante, L., Alañón, M. E., Díaz-Maroto, I. J., Pérez-Coello, M. S. (2021). Evaluation of the storage conditions and type of cork stopper on the quality of bottled white wines. *Molecules*, 26(1), Article 232. <https://doi.org/10.3390/molecules26010232>
 54. Mislata, A. M., Puxeu, M., Nadal, M., de Lamo, S., Mestres, M., Ferrer-Gallego, R. (2022). Influence of different types of LEDs lights on the formation of volatile sulfur compounds in white and rosé wines. *Food Chemistry*, 371, Article 131144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131144>
 55. Lan, H., Li, S., Yang, J., Li, J., Yuan, C., Guo, A. (2020). Effects of light exposure on chemical and sensory properties of storing Meili rosé wine in colored bottles. *Food Chemistry*, 345(6), Article 128854. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128854>
 56. Fracassetti, D., Limbo, S., Tirelli, A. (2019). Antioxidants for limiting the light-struck taste during the shelf-life. *BIO Web of Conferences*, 12, Article 02016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202016>
 57. Clark, A. C., Dias, D. A., Smith, T. A., Ghigginio, K. P., Scollary, G. R. (2011). Iron(III) tartrate as a potential precursor of light-induced oxidative degradation of white wine: Studies in a model wine system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3575–3581. <https://doi.org/10.1021/jf104897z>
 58. Asaduzzman, M., Scampicchio, M., Biasioli, F., Bremer, P. J., Silcock, P. (2020). Methanethiol formation during the photochemical oxidation of methionine-riboflavin system. *Flavour and Fragrance Journal*, 35(1), 34–41. <https://doi.org/10.1002/ffj.3536>
 59. Diaz, I., Castro, R. I., Ubeda, C., Loyola, R., Laurie, V. F. (2021). Combined effects of sulfur dioxide, glutathione and light exposure on the conservation of bottled Sauvignon blanc. *Food Chemistry*, 356(12), Article 129689. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129689>
 60. Vignault, A., González-Centeno, M. R., Pascual, O., Gombau, J., Jourdesa, M., Moine, V. et al. (2018). Chemical characterization, antioxidant properties and oxygen consumption rate of 36 commercial oenological tannins in a model wine solution. *Food Chemistry*, 268, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.031>
 61. Fracassetti, D., Limbo, S., Messina, N., Pellegrino, L., Tirelli, A. (2021). Light-struck taste in white wine: Protective role of glutathione, sulfur dioxide and hydrolysable tannins. *Molecules*, 26(17), Article 5297. <https://doi.org/10.3390/molecules26175297>
 62. Fracassetti, D., Limbo, S., Pellegrino, L., Tirelli, A. (2019). The light-struck taste in white wine: Effect and evolution during the storage. *BIO Web of Conferences*, 15, Article 02028. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124952>

REFERENCES

1. Oganesyants, L. A., Panasyuk, A. L. (2022). Special technology of winemaking. St. Petersburg: Profession, 2022. (In Russian)
2. Avidzba, A. M., Makarov, A. S., Yalanetskiy, A. Y., Shmigelskaia, N. A., Lutkov, I. P., Shalimova, T. R. et al. (2017). Quality of wine materials from grapes of different varieties for their possible use in the production of sparkling wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2, 31–35 (In Russian)
3. Oganesyants, L. A., Peschanskaya, V. A., Dubinina, E. V. (2018). Improvement of quality assessment of table wine materials for sparkling wines. *Beer and Drinks*, 3, 72–75. (In Russian)
4. Khristyuk, V. T., Strukova, V. E., Lazutin, A. A., Ageeva, N. M. (2000). Influence of technological methods of preparation of champagne wine materials on their sparkling and foamy properties. *Izvestiya VUZOV. Food Technology*, 1, 49–52. (In Russian)

5. Reitblat, B. B., Oganesyants, L. A., Dubinchuk, L. V., Moiseeva, A. A. (2016). The research of the enrichment process with biologically active substances of sedimentary yeast in sparkling wine. *Winemaking and Viticulture*, 5, 20–24. (In Russian)
6. Oganesyants, L. A., Dubinchuk, L. V., Rotaru, I. A., Dragan, V. M. (2013). Influence of tannin containing compounds on qualitative measures of liquor. *Winemaking and Viticulture*, 3, 9–11. (In Russian)
7. Echave, J., Barral, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., Simal-Gandara, J. (2021). Bottle aging and storage of wines: A review. *Molecules*, 26(3), Article 713. <https://doi.org/10.3390/molecules26030713>
8. Ricci, A., Parpinello, G. P., Versari, A. (2017). Modelling the evolution of oxidative browning during storage of white wines: Effects of packaging and closures. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 472–479. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13503>
9. Del Caro, A., Piombino, P., Genovese, A., Moio, L., Fanara, C., Piga, A. (2014). Effect of bottle storage on colour, phenolics and volatile composition of Malvasia and Moscato white wines. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 35(1), 128–138. <https://doi.org/10.21548/35-1-992>
10. Khudyakova, O. D. (2012). Beverage containers as a factor of preserving the quality of finished products. *Siberian Trade and Economic Journal*, 16, 116–119. (In Russian)
11. Ageeva, N. M., Chemisova, L. E., Markovskiy, M. G. (2014). Influence of quality of glass container on the safety of beverages during storage. *Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia*, 30(6), 143–158. (In Russian)
12. Sarishvili, N. G., Novikova, V. N., Gorshkova, A. T., Polyakova, G. I. (1987). Influence of bottle glass color on wine quality. *Winemaking and Viticulture*, 2, 35–37. (In Russian)
13. Maury, C., Clark, A., Scollary, G. (2010). Determination of the impact of bottle colour and phenolic concentration on pigment development in white wine stored under external conditions. *Analytica Chimica Acta*, 660(1–2), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.11.048>
14. Blake, A., Kotseridis, Y., Brindle, I. D., Inglis, D., Pickering, G. J. (2010). Effect of light and temperature on 3-alkyl-2-methoxypyrazine concentration and other impact odourants of Riesling and Cabernet franc wine during bottle ageing. *Food Chemistry*, 119(3), 935–944. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.052>
15. Dias, D. A., Smith, T. A., Ghiggino, K. P., Scollary, G. A. (2012). The role of light, temperature and wine bottle colour on pigment enhancement in white wine. *Food Chemistry*, 135(4), 2934–2941. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.068>
16. Dias, D. A., Clark, A. C., Smith, T. A., Ghiggino, K. P., Scollary, G. R. (2013). Wine bottle colour and oxidative spoilage: Whole bottle light exposure experiments under controlled and uncontrolled temperature conditions. *Food Chemistry*, 138(4), 2451–2459. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.024>
17. Cáceres-Mella, A., Flores-Valdivia, D., Laurie, V.F., López-Solís, R., Peña-Neira, Á. (2014). Chemical and sensory effects of storing Sauvignon blanc wine in colored bottles under artificial light. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(29), 7255–7262. <https://doi.org/10.1021/jf501467f>
18. Recamales, A., Sayago, A., González-Miret, M. L., Hernanz, D. (2006). The effect of time and storage conditions on the phenolic composition and colour of white wine. *Food Research International*, 39(2), 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.07.009>
19. Clark, A., Vestner, J., Barril, C., Maury, C., Prenzler, P., Scollary, G. (2010). The influence of stereochemistry of antioxidants and flavanols on oxidation processes in a model wine system: Ascorbic acid, erythorbic acid, (+)-catechin and (–)-epicatechin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2), 1004–1011. <https://doi.org/10.1021/jf903235x>
20. Dias, D. A., Ghiggino, K. P., Smith, T. A., Scollary, G. R. (2010). Wine Bottle Colour and Oxidative Spoilage. School of Chemistry: The University of Melbourne, 80.
21. Arena, E., Rizzo, V., Licciardello, F., Fallico, B., Muratore, G. (2021). Effects of light exposure, bottle colour and storage temperature on the quality of Malvasia Delle Lipari sweet wine. *Foods*, 10(8), Article 1881. <https://doi.org/10.3390/foods100818812021>
22. De Souza, J. F., De Souza Nascimento, A. M., Silva Linhares, M. S., Prudêncio Dutra, M. C., Lima, M. S., Pereira, G.E. (2018). Evolution of phenolic compound profiles and antioxidant activity of Syrah red and sparkling Moscatel wines stored in bottles of different colors. *Beverages*, 4(4), Article 89. <http://doi.org/10.3390/beverages4040089>
23. Rodopulo, A. K. (1983). Fundamentals of biochemistry of winemaking. Moscow: Light and food industry, 1983. (In Russian)
24. Garrido, J., Borges, F. (2013). Wine and grape polyphenols – A chemical perspective. *Food Research International*, 54(2), 1844–1858. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.002>
25. Oganesyants, L. A., Andrievskaya, D. V., Peschanskaya, V. A., Urusova, L. M., Revina, A. A., Uljjanova, E. V. et al (2010). Influence of various periods of storage on biological value of wines. *Winemaking and Viticulture*, 6, 11–14. (In Russian)
26. Muselík, J., García-Alonso, M., Martín-López, M. P., Žemlička, M., Rivas-Gonzalo, J.C. (2007). Measurement of antioxidant activity of wine catechins, procyanidins, anthocyanins and pyranoanthocyanins. *International Journal of Molecular Sciences*, 8(8), 797–809. <https://doi.org/10.3390/i8080797>
27. Kalthraka, S., Salacha, M. I., Tzourou, I. (2009). Changes in phenolic composition and antioxidant activity of white wine during bottle storage: Accelerated browning test versus bottle storage. *Food Chemistry*, 113(2), 500–505. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.083>
28. Arapitsas, P., Dalledonne, S., Scholz, M., Catapano, A., Carlin, S., Mattivi, F. (2020). White wine light-strike fault: A comparison between flint and green glass bottles under the typical supermarket conditions. *Food Packaging and Shelf Life*, 24(5), Article 100492. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2020.100492>
29. Hartley, A. (2008). Bulk shipping of wine and its implications for product quality Retrieved from <https://vineandwine.vin/en/articles/the-bulk-shipping-of-wine-versus-bottling-at-source//> Accessed January 19, 2023
30. Benítez, P., Castro, R., Natera, R., Barroso, C. G. (2006). Changes in the polyphenolic and volatile content of “Fino” Sherry wine exposed to high temperature and ultraviolet and visible radiation. *European Food Research and Technology*, 222(3), 302–309. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0126-7>
31. Butzke, C. E., Vogt, E. E., Chacón-Rodríguez, L. (2012). Effects of heat exposure on wine quality during transport and storage. *Journal of Wine Research*, 23(1), 15–25. <https://doi.org/10.1080/09571264.2011.646254>
32. Lopes, P., Saucier, C., Teissière, P.-L., Glories, Y. (2006). Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6741–6746. <https://doi.org/10.1021/jf0614239>
33. Maujean, A., Haye, M., Feuillat, M., Thomas, J. C., Petit, D. (1978). Contribution à l'étude des «goûts de lumière» dans le vin de champagne. II. Influence de la lumière sur le potentiel d'oxydoreduction. Corrélation avec la teneur en thiols du vin. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 12(4), 277–290. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.1978.12.4.1427> (In French)
34. Presa-Owens, C. D. L., Noble, A. C. (1997). Effect of storage at elevated temperatures on aroma of Chardonnay wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 48(3), 310–316. <https://doi.org/10.5344/ajev.1997.48.3.310>
35. Marquez, L., Dunstall, S., Bartholdi, J., Maccawley, A. (2012). «Cool or hot»: A study of container temperatures in Australian wine shipments. *Australasian Journal of Regional Studies*, 18(3), 420–445.
36. Ough, C. S. (1992). Winemaking basics. Binghamton. N. Y.: The Haworth Press. Inc., 1992.
37. Ibern-Gómez, M., Andrés-Lacueva, C., Lamuela-Raventós, R. M., Buxaderas, S., Singleton, V. L., de la Torre-Boronat, M. C. (2000). Browning of Cava (sparkling wine) during aging in contact with lees due to the phenolic composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(1), 29–36. <https://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.1.29>
38. Serra-Cayuela, A., Aguilera-Curiel, M. A., Riu-Aumatell, M., Buxaderas, S., Lopez-Tamames, E. (2013). Browning during biological aging and commercial storage of Cava sparkling wine and the use of 5-HMF as a quality marker. *Food Research International*, 53(1), 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.010>
39. Betnga, P. F. T., Longo, E., Poggesi, S., Boselli, E. (2021). Effects of transport conditions on the stability and sensory quality of wines. *OENO One*, 2, 197–208. <https://doi.org/10.20870/oeno-ne.2021.55.2.4524>
40. Benucci, I. (2019). Impact of post-bottling storage conditions on colour and sensory profile of a rosé sparkling wine. *LWT*, 118, Article 108732. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108732>
41. Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S. et al. (2010). Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 337–347. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004187993.i-382.372010>
42. Pérez-Coella, M. C., González-Viñas, M. A., García-Romero, E., Díaz-Maroto, M. C., Cabezero, M. D. (2003). Influence of storage temperature on the volatile compounds of young white wines. *Food Control*, 14(5), 301–306. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00094-4)
43. Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R., Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 21(S1), 713–722. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12196>
44. Vázquez-Pateiro, I., Arias-González, U., Mirás-Avalos, J.M., Falqué, E. (2020). Evolution of the aroma of treixadura wines during bottle aging. *Foods*, 9(10), Article 1419. <https://doi.org/10.3390/foods9101419>
45. Recamales, A. F., Gallo, V., Hernanz, D., González-Miret, M. L., Heredia, F. J. (2011). Effect of time and storage conditions on major volatile compounds of Zalema white wine. *Journal of Food Quality*, 34(2), 100–110. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00371.x>
46. Maujean, A., Seguin, N. (1983). 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, 589–601. (In French)
47. Dozon, N. M., Noble, A. C. (1989). Sensory study of the effect of fluorescent light on a sparkling wine and its base wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 40(4), 265–271. <https://doi.org/10.5344/ajev.1989.40.4.265>
48. Grant-Preece, P., Barril, C., Schmidtke, L. M., Scollary, G. R., Clark, A. C. (2015). Light-induced changes in bottled white wine and underlying photochemical mechanisms. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 753–754. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.919246>
49. Grant-Preece, P., Barril, C., Leigh, M., Schmidtke, L. M., Clark, A. C. (2018). Impact of fluorescent lighting on the browning potential of model wine

- solutions containing organic acids and iron. *Food Chemistry*, 243, 239–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.093>
50. Fracassetti, D., Limbo, S., Pellegrino, L., Tirelli, A. (2019). Light-induced reactions of methionine and riboflavin in model wine: Effects of hydrolysable tannins and sulfur dioxide. *Food Chemistry*, 298, Article 124952. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124952>
 51. Fracassetti, D., Canito, A. D., Bodon, R., Messina, N., Vigentini, I., Foschino, R. et al. (2021). Light-struck taste in white wine: Reaction mechanisms, preventive strategies and future perspectives to preserve wine quality. *Trends in Food Science and Technology*, 112, 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.013>
 52. Celotti, E., Lazaridis, G., Figelj, J., Scutaru, Y., Natolino, A. (2022). Comparison of a rapid light-induced and forced test to study the oxidative stability of white wines. *Molecules*, 27(1), Article 326. <https://doi.org/10.3390/molecules27010326>
 53. Díaz-Maroto, M. C., Viñas, M. L., Marchante, L., Alañón, M. E., Díaz-Maroto, I. J., Pérez-Coello, M. S. (2021). Evaluation of the storage conditions and type of cork stopper on the quality of bottled white wines. *Molecules*, 26(1), Article 232. <https://doi.org/10.3390/molecules26010232>
 54. Mislata, A. M., Puxeu, M., Nadal, M., de Lamo, S., Mestres, M., Ferrer-Gallego, R. (2022). Influence of different types of LEDs lights on the formation of volatile sulfur compounds in white and rosé wines. *Food Chemistry*, 371, Article 131144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131144>
 55. Lan, H., Li, S., Yang, J., Li, J., Yuan, C., Guo, A. (2020). Effects of light exposure on chemical and sensory properties of storing Meili rosé wine in colored bottles. *Food Chemistry*, 345(6), Article 128854. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128854>
 56. Fracassetti, D., Limbo, S., Tirelli, A. (2019). Antioxidants for limiting the light-struck taste during the shelf-life. *BIO Web of Conferences*, 12, Article 02016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202016>
 57. Clark, A. C., Dias, D. A., Smith, T. A., Ghiggino, K. P., Scollary, G. R. (2011). Iron(III) tartrate as a potential precursor of light-induced oxidative degradation of white wine: Studies in a model wine system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3575–3581. <https://doi.org/10.1021/jf104897z>
 58. Asaduzzman, M., Scampicchio, M., Biasioli, F., Bremer, P. J., Silcock, P. (2020). Methanethiol formation during the photochemical oxidation of methionine-riboflavin system. *Flavour and Fragrance Journal*, 35(1), 34–41. <https://doi.org/10.1002/ffj.3536>
 59. Diaz, I., Castro, R. I., Ubeda, C., Loyola, R., Laurie, V. F. (2021). Combined effects of sulfur dioxide, glutathione and light exposure on the conservation of bottled Sauvignon blanc. *Food Chemistry*, 356(12), Article 129689. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129689>
 60. Vignault, A., González-Centeno, M. R., Pascual, O., Gombau, J., Jourdesa, M., Moine, V. et al. (2018). Chemical characterization, antioxidant properties and oxygen consumption rate of 36 commercial oenological tannins in a model wine solution. *Food Chemistry*, 268, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.031>
 61. Fracassetti, D., Limbo, S., Messina, N., Pellegrino, L., Tirelli, A. (2021). Light-struck taste in white wine: Protective role of glutathione, sulfur dioxide and hydrolysable tannins. *Molecules*, 26(17), Article 5297. <https://doi.org/10.3390/molecules26175297>
 62. Fracassetti, D., Limbo, S., Pellegrino, L., Tirelli, A. (2019). The light-struck taste in white wine: Effect and evolution during the storage. *BIO Web of Conferences*, 15, Article 02028. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124952>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Дубинина Елена Васильевна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-75-85 E-mail: elena-vd@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8364-9539</p>	<p>Elena V. Dubinina, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Department of Spirits Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo Str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-499-246-75-85 E-mail: elena-vd@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8364-9539</p>
<p>Моисеева Александра Анатольевна — младший научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-75-85 E-mail: oltiv@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1591-6084 * автор для контактов</p>	<p>Aleksandra A. Moiseeva, Junior Researcher, Department of Spirits Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo Str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-499-246-75-85 E-mail: oltiv@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1591-6084 * corresponding author</p>
<p>Андриевская Дарья Владиславовна — кандидат технических наук, младший научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-66-12 E-mail: d.andrievskaya@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5167-9074</p>	<p>Darya A. Andrievskaya, Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Department of Spirits Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo Str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-499-246-66-12 E-mail: d.andrievskaya@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5167-9074</p>
<p>Трофимченко Владимир Александрович — кандидат технических наук, научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-66-12 E-mail: labcognac@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8856-9768</p>	<p>Vladimir A. Trofimchenko, Candidate of Technical Sciences, Researcher, Department of Spirits Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo Str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-499-246-66-12 E-mail: labcognac@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8856-9768</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>