

Влияние компонентов альдегидной природы и фенольного комплекса на оптические характеристики коньячных дистиллятов

Чурсина О.А.[✉], Погорелов Д.Ю., Мартыновская А.В., Легашева Л.А.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Россия, 298600, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31

[✉]chursina@magarach-institut.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния компонентов альдегидной и фенольной природы на цветные характеристики коньячных дистиллятов. Коньяк приобретает типичные свойства в процессе длительной выдержки в дубовых бочках или в контакте с дубовой клепкой. Экстрагируемые из древесины дуба вещества (дубильные, производные лигнина, летучие компоненты) могут вступать в различные реакции, образуя вторичные продукты, которые принимают участие в формировании окраски коньячного дистиллята, вместе с тем их вклад недостаточно изучен. Цель работы – оценить влияние отдельных компонентов альдегидной природы (ароматические альдегиды, ацетальдегид, глюкоза) и фенольных веществ (галловая кислота, галлотанин, эллаготанин) на оптические характеристики коньячных дистиллятов. Исследования проводили с использованием модельных систем на основе молодого коньячного дистиллята в процессе индуцированного окисления. Полученные результаты свидетельствуют об участии компонентов альдегидной природы и фенольного комплекса в формировании окраски выдержанных коньячных дистиллятов, основную роль в котором играет количественный и качественный состав фенольных веществ. Характерным признаком изменения оптических показателей модельных систем с танинами при индуцированном окислении явилось увеличение доли желтых оттенков в окраске при снижении интенсивности окраски в результате образования продуктов окисления и выведения их в осадок. В системах с галловой кислотой при окислении установлено образование аддуктов, увеличивающих долю красных оттенков в окраске. Карбонильные соединения оказывают влияние на трансформацию цветовых характеристик коньячного дистиллята, способствуя окислению фенольных веществ. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании критериев для контроля процессов созревания и качества коньячных дистиллятов.

Ключевые слова: оптическая плотность; интенсивность; галловая кислота; галлотанин; эллаготанин; ароматические альдегиды; ацетальдегид; глюкоза.

Для цитирования: Чурсина О.А., Погорелов Д.Ю., Мартыновская А.В., Легашева Л.А. Влияние компонентов альдегидной природы и фенольного комплекса на оптические характеристики коньячных дистиллятов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(2):209-214. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.015

The effect of aldehyde components and phenolic complex on the optical characteristics of brandy distillates

Chursina O.A.[✉], Pogorelov D.Yu., Martynovskaya A.V., Legasheva L.A.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]chursina@magarach-institut.ru

Abstract. Study results of the effect of aldehyde and phenolic components on the color characteristics of brandy distillates are presented. Brandy takes on its typical properties during long aging in oak casks or in a contact with oak stave. Substances extracted from the oak wood (tannins, lignin derivatives, volatile components) can enter into various reactions, producing secondary products that take part in the formation of brandy distillate color. However, their contribution is not well understood. The aim of the work is to evaluate the effect of individual aldehyde components (aromatic aldehydes, acetaldehyde, glucose) and phenolic substances (gallic acid, gallotannin, ellagotannin) on the optical characteristics of brandy distillates. The studies were carried out using model systems based on young brandy distillate in the process of induced oxidation. The results obtained indicate the participation of aldehyde components and phenolic complex in the formation of aged brandy distillate color, the main role in which is played by quantity and quality composition of phenolic substances. A specific character of changing optical parameters in model systems with tannins during induced oxidation was an increase in the proportion of yellow tinges in the color with a decrease in color intensity as a result of releasing oxidation products and their precipitation. In the systems with gallic acid during oxidation, the formation of adducts was established, which increased the proportion of red tinges in the color. Carbonyl compounds affect transformation of color characteristics of brandy distillate, contributing to the oxidation of phenolic substances. The results obtained can be used to substantiate the criteria to control maturation processes and quality of brandy distillates.

Key words: optical density; intensity; gallic acid; gallotannin; ellagotannin; aromatic aldehydes; acetaldehyde; glucose.

For citation: Chursina O.A., Pogorelov D.Yu., Martynovskaya A.V., Legasheva L.A. The effect of aldehyde components and phenolic complex on the optical characteristics of brandy distillates. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023;25(2):209-214. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.015 (in Russian).

Введение

Одним из наиболее важных визуальных характеристик алкогольной продукции, обладающей боль-

шим объемом информации о ее потребительских свойствах и качестве, является цвет [1, 2].

Основным этапом при производстве коньяков является длительная выдержка коньячных дистиллятов в дубовых бочках или контакте с дубовой клепкой, в процессе которой формируются типичные свойства

напитка, а также происходят изменения в цвете. Цвет коньячного дистиллята может варьировать от желтого и золотисто-янтарного до темно-коричневого с красным оттенком и зависит от протекающих при выдержке сложных процессов созревания [1, 3–5]. Интенсивность окраски определяется количественным и качественным составом экстрагируемых из древесины дуба веществ (дубильные, производные лигнина, летучие компоненты), которые, растворяясь в дистилляте, могут вступать в различные реакции, образуя вторичные продукты. На эти процессы оказывает влияние множество факторов, таких как географическое происхождение дуба, его возраст, применяемая бондарная технология, параметры выдержки дистиллята (температура, количество заливок и др.) [6–8].

При длительной выдержке коньячный дистиллят может обогащаться такими компонентами фенольной природы, как танины (эллаготанин, галлотанин, касталагин, вескалагин, грандинин, робурин D и E), а также продуктами их более глубокой деструкции – мономерными, олиго- и димерными веществами, образующимися при их гидролизе (галловая, эллаговая, оксифеновая кислоты и прочее) [9–15]. Участие этих веществ в окислительных процессах приводит к образованию продуктов конденсации и окислительной полимеризации более сложной структуры, что также влияет на цвет дистиллята.

С растворением в коньячном дистилляте некоторых форм лигнина дуба связывают образование соединений, обладающих яркой окраской (этаноллигнин), что влечет за собой появление красно-коричневых оттенков в цвете напитка [3]. Дальнейшая деструкция лигнина при созревании коньячных дистиллятов приводит к образованию побочных продуктов – низкомолекулярных ароматических соединений гваяцилового (кониферилового альдегид, ванилин, ванилиновая кислота) и сирингилового ряда (синаповый альдегид, сиреневый альдегид, сиреневая кислота). Благодаря карбонильной группе альдегиды способны легко вступать во множественные реакции присоединения и замещения [16].

В состав коньячного дистиллята входит также ацетальдегид, доля которого может достигать до 90 % от общей суммы алифатических альдегидов. Образование ацетальдегида происходит в основном в процессе алкогольного брожения вина, из которого он полностью переходит в дистиллят при перегонке. Кроме того, при выдержке коньячного дистиллята его содержание может увеличиваться в результате окисления этанола в уксусную кислоту [17]. Обладая высокой реакционной способностью, он также участвует в процессах конденсации и полимеризации танинов, связывая их ацетальдегидным мостиком, что приводит к образованию окрашенных аддуктов [18].

При гидролизе полисахаридов клеточных стенок древесины дуба (гемицеллюлоз) в коньячный дистиллят при выдержке могут также поступать в значительных количествах растворимые углеводы (глюкоза, ксилоза, арабиноза, рамноза, фруктоза). Химические свойства моносахаридов определяются природой их

функциональных групп (карбонильной и гидроксильной), что обуславливает активное участие в окислительно-восстановительных реакциях [17].

Таким образом, протекающие химические реакции между компонентами легколетучей фракции коньячного дистиллята, фенольного и углеводного комплексов, экстрагируемых из древесины дуба, приводят к образованию окрашенных продуктов более сложного строения, которые могут оказывать существенное влияние на формирование цвета коньячного дистиллята, вместе с тем их вклад в этот процесс недостаточно изучен.

Цель работы – оценить влияние отдельных компонентов альдегидной природы (ароматические альдегиды, ацетальдегид, глюкоза) и фенольного комплекса (галловая кислота, галлотанин, эллаготанин) на оптические характеристики коньячных дистиллятов.

Материалы и методы исследований

Материалами исследований являлись модельные системы на основе молодого коньячного дистиллята (с объемной долей этилового спирта 68 %), соответствующего требованиям стандарта (ГОСТ 31728), в которых варьировали содержание компонентов альдегидной природы (ванилин, сиреневый, синаповый, конифериловый альдегиды, ацетальдегид, глюкоза) и фенольных веществ (галловая кислота, галлотанин, эллаготанин) в процессе их индуцированного окисления путем длительной выдержки в термостате (температура 40°C). В качестве контрольных использовали модельные водно-спиртовые системы, содержащие лишь растворы фенольной природы без добавки альдегидов. Всего использовали 33 системы.

Диапазоны варьирования концентраций исследуемых компонентов в модельных растворах включали как фактическое их содержание в коньячных дистиллятах, так и двукратное его увеличение (табл.).

Оптические характеристики образцов определяли спектрофотометрическим методом с помощью

Таблица. Массовая концентрация компонентов в модельных системах и коньячных дистиллятах [17]

Table. Mass concentration of the components in model systems and brandy distillates [17]

Компонент	Массовая концентрация	
	модельная система	коньячный дистиллят
Галловая кислота, мг/дм ³	80,0	80,0
Галлотанин, г/дм ³	5,0	0,2–5,0*
Эллаготанин, г/дм ³	5,0	
Ванилин, мг/дм ³	25,0–50,0	0,2–25,0
Синаповый альдегид, мг/дм ³	8,0–16,0	0,1–8,0
Конифериловый альдегид, мг/дм ³	10,0–20,0	0,1–10,0
Сиреневый альдегид, мг/дм ³	45,0–100,0	0,5–45,0
Ацетальдегид, мг/дм ³	400–800	25–400
Глюкоза, мг/дм ³	800	до 1000

Примечание. * – Дубильные вещества

спектрофотометра UNICO 1200 [19, 20]. Интенсивность окраски (I) находили математически как сумму оптических плотностей при длинах волн 420 нм и 520 нм, а оттенок окраски (T) – как частное. Долю желтых и красных оттенков в окраске определяли расчетным способом:

$$D_{420}(\%) = \frac{D_{420}}{I} \times 100 \quad \text{и} \quad D_{520}(\%) = \frac{D_{520}}{I} \times 100,$$

где D_{420} и D_{520} – значение оптической плотности пробы при длине волны 420 и 520 нм в кювете с расстоянием между рабочими гранями 10 мм.

В качестве контроля использовали такую же кювету, заполненную дистиллированной водой.

Обсуждение результатов

Важную роль в формировании цветовых характеристик коньячных дистиллятов при выдержке играют вещества фенольной природы, экстрагируемые из древесины дуба [1, 3, 4, 6–16]. Согласно полученным экспериментальным данным, на цвет модельных систем оказало влияние не только количественное, но и качественное их содержание, а также интенсификация окислительных процессов в условиях повышенной температуры. Так, окраска модельных систем с галловой кислотой до проведения индуцированного окисления визуально характеризовалась как светло-желтая или почти бесцветная с желтым оттенком, с галлотанином – светло-янтарная, а в варианте с эллаготанином – желто-коричневая. При этом показатель интенсивности окраски I модельных систем возрастал в ряду: галловая кислота (0,017) → галлотанин (0,102) → эллаготанин (2,215), а доля желтых оттенков в окраске составляла 82; 76,5; 78 % соответственно.

При индуцированном окислении контрольных систем, имитирующего процессы созревания коньячных дистиллятов, во всех вариантах визуально отмечено изменение цвета. Модельные системы с галловой кислотой приобрели после окисления более яркую светло-желтую окраску с золотистым оттенком, с галлотанином – янтарную, а с эллаготанином – темно-коричневую. Значения оптической плотности D_{420} в этих системах возросли в 3,9; 2,0 и 2,5 раз соответственно.

Аналогичный характер носили изменения и в случае оценки значений показателя интенсивности окраски (рис. 1). При этом доля желтых оттенков в общей сумме цветовых характеристик систем составила 77; 79 и 82 % с галловой кислотой, галло- и эллаготанином соответственно. Важно отметить, что доля красных оттенков в общей сумме хроматических характеристик отличалась лишь в варианте с галловой кислотой.

Введение ароматических альдегидов в контрольные системы с дальнейшим их индуцированным окислением вызвало увеличение значений оптической плотности D_{420} и D_{520} , а также интенсивности окраски I только в вариантах с галловой кислотой и галлотанином. Причем в системах с галловой кислотой этот прирост был наиболее высоким, при минимальных значениях массовой концентрации аромати-

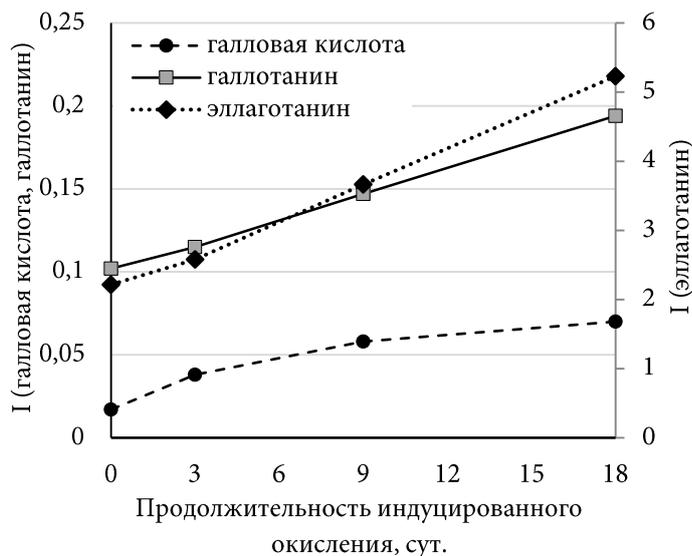


Рис. 1. Динамика показателя интенсивности окраски при индуцированном окислении модельных систем с галловой кислотой и танинами

Fig. 1. The dynamics of color intensity indicator during induced oxidation of model systems with gallic acid and tannins

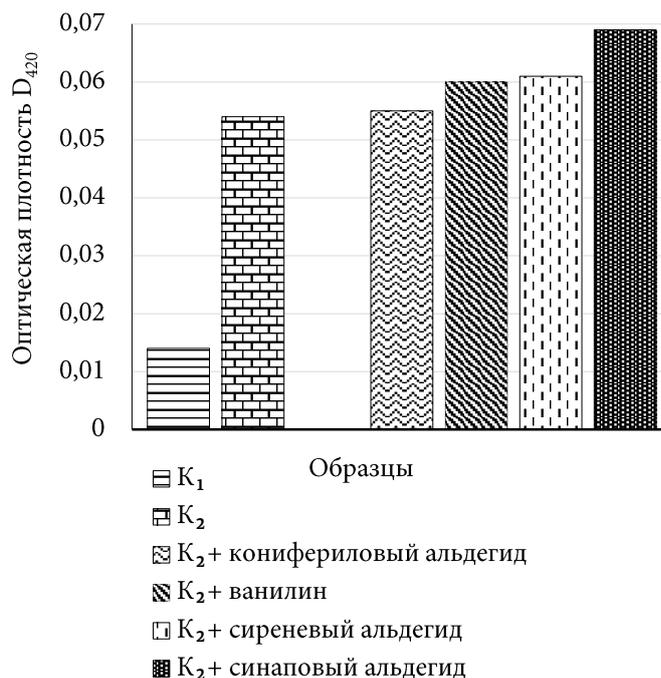


Рис. 2. Влияние ароматических альдегидов на окраску модельных систем с галловой кислотой после индуцированного окисления: K_1 – модельная система с галловой кислотой до индуцированного окисления; K_2 – модельная система с галловой кислотой после индуцированного окисления

Fig. 2. The effect of aromatic aldehydes on the color of model systems with gallic acid after induced oxidation: K_1 – model system with gallic acid before induced oxidation; K_2 – model system with gallic acid after induced oxidation

ческих альдегидов (табл.) он составил 11–13 %. При этом доля желтых оттенков в окраске (D_{420} , %) превысила ее уровень в контрольном варианте, достигнув значений 78,5 % (рис. 2).

В системах с эллаготанином установлено снижение оптических показателей в 1,2 раза, что обусловлено, по-видимому, образованием продуктов окисления с более низкой растворимостью и выведением их в осадок, который можно было наблюдать визуально.

Увеличение содержания ароматических альдегидов в опытных образцах не вызвало существенного изменения оптических показателей, за исключением систем с эллаготанином.

Введение ацетальдегида в контрольные модельные системы, не содержащие ароматических альдегидов, также привело к изменению их оптических характеристик. При массовой концентрации ацетальдегида 400 мг/дм³ интенсивность окраски в модельных системах с галловой кислотой возросла на 56–75 %, а с галло- и эллаготанином понизилась на 7 и 16 % соответственно, ввиду образования окрашенных продуктов реакций и выведения их в осадок (рис. 3).

Увеличение показателя интенсивности окраски в модельных системах с галловой кислотой (до 60 %) характеризовалось понижением доли желтых оттенков и возрастанием красных (до 25 %). Повышение содержания ацетальдегида в системах до 800 мг/дм³ привело к росту ее оптических показателей в среднем в 1,2–1,4 раза.

В результате химической деструкции дубовой древесины состав коньячных дистиллятов при выдержке может обогащаться компонентами не только фенольной природы, но и сахарами, продуктами окисления или распада которых так же могут быть вещества альдегидной природы (фурановые альдегиды) [21].

Введение глюкозы в контрольные модельные системы привело к изменению окраски, особенно существенно в вариантах, содержащих галловую кислоту. При индуцированном окислении значения оптической плотности D_{420} и D_{520} увеличились в 1,7–2,0 раза в сравнении с контролем. В системах с галлотанином введение глюкозы вызвало незначительный прирост оптических показателей, при этом наблюдалось небольшое образование осадка. В вариантах с эллаготанином процессы окисления способствовали образованию большого количества окрашенных продуктов и выделению их в осадок, что вызвало значительное понижение оптических показателей (более 25 %).

Полученные данные свидетельствуют о том, что карбонильные соединения оказывают влияние на трансформацию цветовых характеристик коньячного дистиллята, способствуя окислению фенольных веществ и образованию окрашенных аддуктов.

Для оценки степени влияния компонентов альдегидной и фенольной природы на цветовые характеристики модельных систем при их окислении был проведен дискриминантный анализ. Значимые показатели определяли на основании расчета критерия лямбда Уилкса для каждого из используемых показателей и их совокупности. Установлено, что стати-

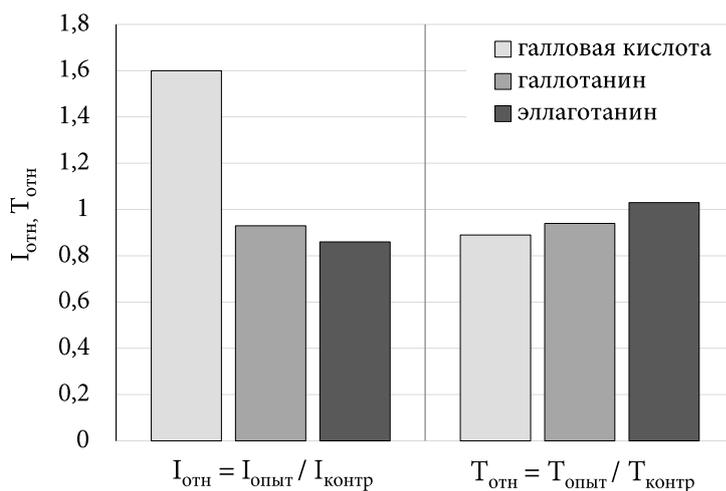


Рис. 3. Влияние ацетальдегида на прирост показателей интенсивности окраски I и оттенка окраски T в модельных системах относительно контроля

Fig. 3. The effect of acetaldehyde on the increase in color intensity indicators I and color tinge T in model systems relative to the control

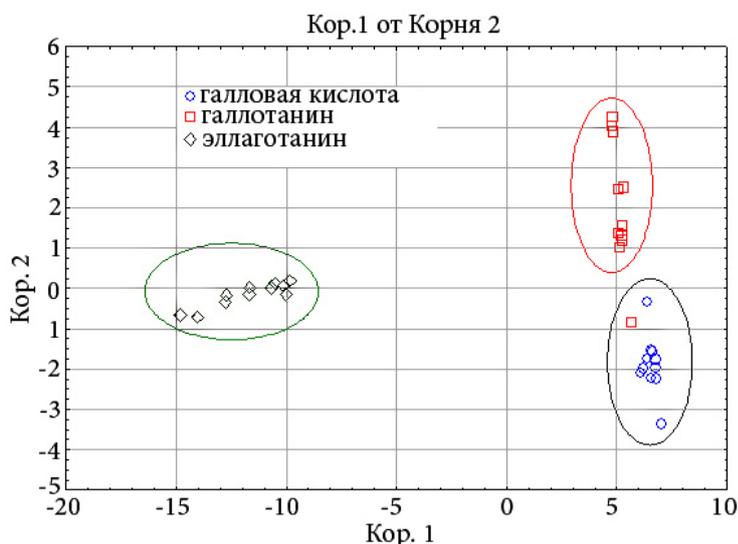


Рис. 4. Диаграмма рассеяния канонических значений, отражающих распределение модельных систем по цветовым подгруппам в зависимости от природы фенольных веществ

Fig. 4. Scatter plot of canonical values reflecting the distribution of model systems by color subgroups depending on the nature of phenolic substances

стически значимыми показателями, определяющими существенную разницу между цветовыми характеристиками модельных систем, являются фенольные вещества, для которых значение лямбда Уилкса составило 0,0034 ($p < 0,00001$).

На рис. 4 представлена диаграмма рассеяния канонических значений, отражающих распределение модельных систем по цветовым подгруппам в зависимости от природы фенольного компонента (галловая кислота, галло- и эллаготанин). Для карбонильных соединений такой корреляции не установлено.

Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют об участии компонентов альдегидной природы и фе-

нольного комплекса в формировании окраски выдержанных коньячных дистиллятов. Установлена динамика цветовых характеристик модельных систем коньячных дистиллятов с галловой кислотой, галло- и эллаготанинами при воздействии на них веществ альдегидной природы (ванилина, синапового, сиреневого и кониферилового альдегидов, ацетальдегида и глюкозы) в процессе индуцированного окисления. Выявлено, что основную роль в формировании окраски коньячного дистиллята играет количественный и качественный состав фенольных веществ, экстрагируемых из древесины дуба.

Характерным признаком изменения оптических показателей модельных систем с танинами при индуцированном окислении явилось увеличение доли желтых оттенков в окраске при снижении интенсивности окраски в результате образования продуктов окисления и выведения их в осадок. В системах с галловой кислотой установлено образование при окислении аддуктов, увеличивающих долю красных оттенков в окраске. Карбонильные соединения оказывают влияние на трансформацию цветовых характеристик коньячного дистиллята, способствуя окислению фенольных веществ. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании критериев для контроля процессов созревания и качества коньячных дистиллятов.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FEUU-2019-0012.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. FEUU-2019-0012.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

- Delgado-González M.J., García-Moreno M.V., Sánchez-Guillén M.M., García-Barroso C., Guillén-Sánchez D.A. Colour evolution kinetic study of spirits in their ageing process in wood casks. *Food Control*. 2021;119:107468. DOI 10.1016/j.foodcont.2020.107468.
- Сибиряков А.С., Агеева Н.М. Роль цветовых характеристик в оценке подлинности коньяков // *Виноделие и виноградарство*. 2008;1:20–21.
- Vivas N., Vivas de Gaulejac N., Bourden Nonier M.F., Mouche C., Rossy C. Extraction of phenolics from new oak casks during spirit maturation: impact on spirit colour. *Journal of the Institute of Brewing*. 2020;126(1):83–89. DOI 10.1002/jib.586.
- Caldeira I., Mateus A.M., Belchior A.P. Flavour and odour profile modifications during the first five years of Lourinhã brandy maturation on different wooden barrels. *Analytica Chimica Acta*. 2006;563(1-2):264–273. DOI 10.1016/j.aca.2005.12.008.
- Черкашина Ю.А. Идентификация коньяков с применением органолептического анализа и физико-химических методов: определение хроматических показателей, дубильных веществ и показателя pH // *Вестник Казанского технологического университета*. 2011;7:198–204.
- Gadrat M., Lavergne J., Emo C., Teissedre P.-L., Chira K. Validation of a mass spectrometry method to identify and quantify ellagitannins in oak wood and cognac during aging in oak barrels. *Food Chemistry*. 2021;342:128223. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.128223.
- Gadrat M., Capello Y., Emo C., Lavergne J., Quideau S., Jourdes M., Teissède P.-L.D. de Thèse, Chira K. Identification, quantification and sensory contribution of new C-glucosidic ellagitannin-derived spirit compounds. *Food Chemistry*. 2022;384:132307. DOI 10.1016/j.foodchem.2022.132307.
- Glabasnia A., Hofmann T. Identification and sensory evaluation of dehydro- and deoxy-ellagitannins formed upon toasting of oak wood (*Quercus alba* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(10):4109–4118. DOI 10.1021/jf070151m.
- Canas S. Phenolic composition and related properties of aged wine spirits: Influence of barrel characteristics. A review. *Beverages*. 2017;3(4):55. DOI 10.3390/beverages3040055.
- Zhang B., Cai J., Duan C.Q., Reeves M.J., He F. A review of polyphenolics in oak woods. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015;16(4):6978–7014. DOI 10.3390/ijms16046978.
- Prida A., Boulet J.C., Ducouso A., Nepveu G., Puech J.L. Effect of species and ecological conditions on ellagitannin content in oak wood from an even-aged and mixed stand of *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl. *Annals of forest science*. 2006;63(4):415–424. DOI 10.1051/forest:2006021.
- Viriót C., Scalbert A., Lapière C., Moutounet M. Ellagitannins and lignins in aging of spirits in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1993;41(11):1872–1879. DOI 10.1021/jf00035a013.
- Jordão A.M., Ricardo-da-Silva J.M., Laureano O. Extraction of some ellagic tannins and ellagic acid from oak wood chips (*Quercus pyrenaica* L.) in model wine solutions: Effect of time, pH, temperature and alcoholic content. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2005;26(2):86–89. DOI 10.21548/26-2-2122.
- Cadahía E., Varea S., Muñoz L., Fernández de Simón B., García-Vallejo M.C. Evolution of ellagitannins in Spanish, French, and American oak woods during natural seasoning and toasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001;49(8):3677–3684. DOI 10.1021/jf010288r.
- Fernandes T.A., Antunes A.M., Caldeira I., Anjos O., De Freitas V., Fargeton L., Boissier B., Catarino S., Canas S. Identification of gallotannins and ellagitannins in aged wine spirits: a new perspective using alternative ageing technology and high-resolution mass spectrometry. *Food Chemistry*. 2022;382:132322. DOI 10.1016/j.foodchem.2022.132322.
- Осеledцева И.В., Гугучкина Т.И., Соболев Э.М. Динамика ароматических альдегидов и кислот в коньячных спиртах и коньяках // *Виноделие и виноградарство*. 2008;6:15–17.
- Осеledцева И.В. Теоретические и практические аспекты контроля качества коньячных дистиллятов и коньяков. Краснодар. 2016:1–295.
- Чурсина О.А., Легашева Л.А., Загоруйко В.А. Исследование окислительно-восстановительных процессов в водно-спиртовых средах в присутствии танинов дуба // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2016;2:31–34.
- Гулиев Р.Р., Начева Т.А., Дергачева С.С., Скурихин И.М., Беркетова Л.В. Международный метод определения цветности вин применительно к коньякам // *Виноделие и виноградарство*. 2002;3:20–21.
- Методы технокимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь: Таврида. 2009:1–304.
- Cabrita M.J., Dias C.B., Freitas A.C. Phenolic acids, phenolic aldehydes and furanic derivatives in oak chips: American vs. French oaks. *South African Journal of Enology and Viticulture*.

2011;32(2):204–210. DOI 10.21548/32-2-1380.

References

1. Delgado-González M.J., García-Moreno M.V., Sánchez-Guillén M.M., García-Barroso C., Guillén-Sánchez D.A. Colour evolution kinetic study of spirits in their ageing process in wood casks. *Food Control*. 2021;119:107468. DOI 10.1016/j.foodcont.2020.107468.
2. Sibiryakov A.S., Ageeva N.M. The role of color characteristics in estimation of brandy authenticity. *Winemaking and Viticulture*. 2008;1:20–21 (*in Russian*).
3. Vivas N., Vivas de Gaulejac N., Bourden Nonier M.F., Mouche C., Rossy C. Extraction of phenolics from new oak casks during spirit maturation: impact on spirit colour. *Journal of the Institute of Brewing*. 2020;126(1):83–89. DOI 10.1002/jib.586.
4. Caldeira I., Mateus A.M., Belchior A.P. Flavour and odour profile modifications during the first five years of Lourinhã brandy maturation on different wooden barrels. *Analytica Chimica Acta*. 2006;563(1-2):264–273. DOI 10.1016/j.aca.2005.12.008.
5. Cherkashina Yu.A. Identification of brandy using organoleptic analysis and physicochemical methods: determination of chromatic indicators, tannins, and pH indicator. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2011;7:198–204 (*in Russian*).
6. Gadrat M., Lavergne J., Emo C., Teissedre P.-L., Chira K. Validation of a mass spectrometry method to identify and quantify ellagitannins in oak wood and cognac during aging in oak barrels. *Food Chemistry*. 2021;342:128223. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.128223.
7. Gadrat M., Capello Y., Emo C., Lavergne J., Quideau S., Jourdes M., Teissèdre P.-L.D. de Thèse, Chira K. Identification, quantification and sensory contribution of new C-glucosidic ellagitannin-derived spirit compounds. *Food Chemistry*. 2022;384:132307. DOI 10.1016/j.foodchem.2022.132307.
8. Glabasnia A., Hofmann T. Identification and sensory evaluation of dehydro- and deoxy-ellagitannins formed upon toasting of oak wood (*Quercus alba* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(10):4109–4118. DOI 10.1021/jf070151m.
9. Canas S. Phenolic composition and related properties of aged wine spirits: Influence of barrel characteristics. A review. *Beverages*. 2017;3(4):55. DOI 10.3390/beverages3040055.
10. Zhang B., Cai J., Duan C.Q., Reeves M.J., He F. A review of polyphenolics in oak woods. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015;16(4):6978–7014. DOI 10.3390/ijms16046978.
11. Prida A., Boulet J.C., Ducouso A., Nepveu G., Puech J.L. Effect of species and ecological conditions on ellagitannin content in oak wood from an even-aged and mixed stand of *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl. *Annals of forest science*. 2006;63(4):415–424. DOI 10.1051/forest:2006021.
12. Viriot C., Scalbert A., Lapiere C., Moutounet M. Ellagitannins and lignins in aging of spirits in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1993;41(11):1872–1879. DOI 10.1021/jf00035a013.
13. Jordão A.M., Ricardo-da-Silva J.M., Laureano O. Extraction of some ellagic tannins and ellagic acid from oak wood chips (*Quercus pyrenaica* L.) in model wine solutions: Effect of time, pH, temperature and alcoholic content. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2005;26(2):86–89. DOI 10.21548/26-2-2122.
14. Cadahía E., Varea S., Muñoz L., Fernández de Simón B., García-Vallejo M.C. Evolution of ellagitannins in Spanish, French, and American oak woods during natural seasoning and toasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001;49(8):3677–3684. DOI 10.1021/jf010288r.
15. Fernandes T.A., Antunes A.M., Caldeira I., Anjos O., De Freitas V., Fargeton L., Boissier B., Catarino S., Canas S. Identification of gallotannins and ellagitannins in aged wine spirits: a new perspective using alternative ageing technology and high-resolution mass spectrometry. *Food Chemistry*. 2022;382:132322. DOI 10.1016/j.foodchem.2022.132322.
16. Oseledtseva I.V., Guguchkina T.I., Sobolev E.M. Dynamics of aromatic aldehydes and acids in brandy spirits and cognacs. *Winemaking and Viticulture*. 2008;6:15–17 (*in Russian*).
17. Oseledtseva I.V. Theoretical and practical aspects of quality control of brandy distillates and cognacs. *Krasnodar*. 2016:1–295 (*in Russian*).
18. Chursina O.A., Legasheva L.A., Zagorouiko V.A. Research of redox processes in aqueous alcoholic solutions in the presence of oak tannins. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2016;2:31–34 (*in Russian*).
19. Guliyev R.R., Nacheva T.A., Dergacheva S.S., Skurikhin I.M., Berketova L.V. International method for determining the color of wines in relation to cognacs. *Winemaking and Viticulture*. 2002;3:20–21 (*in Russian*).
20. *Methods of technochemical control in winemaking*. Edited by Gerzhikova V.G. Simferopol: Tavrida. 2009:1–304 (*in Russian*).
21. Cabrita M.J., Dias C.B., Freitas A.C. Phenolic acids, phenolic aldehydes and furanic derivatives in oak chips: American vs. French oaks. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2011;32(2):204–210. DOI 10.21548/32-2-1380.

Информация об авторах

Ольга Алексеевна Чурсина, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., гл. науч. сотр. лаборатории коньяка; e-мaйл: chursina@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4976-0871>;

Дмитрий Юрьевич Погорелов, науч. сотр. лаборатории коньяка; e-мaйл: pogdmi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6388-9706>;

Алина Васильевна Мартыновская, мл. науч. сотр. лаборатории коньяка; e-мaйл: alino4ka81292@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2416-3077>;

Людмила Алексеевна Легашева, канд. техн. наук, мл. науч. сотр. лаборатории коньяка; e-мaйл: lucyleg@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5617-1357>.

Information about authors

Olga A. Chursina, Dr. Techn. Sci., Senior Staff Scientist, Chief Staff Scientist, Laboratory of Cognac and Brandy; e-mail: chursina@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4976-0871>;

Dmitry Yu. Pogorelov, Staff Scientist, Laboratory of Cognac and Brandy; e-mail: pogdmi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6388-9706>;

Alina V. Martynovskaya, Junior Staff Scientist, Laboratory of Cognac and Brandy; e-mail: alino4ka81292@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2416-3077>;

Ludmila A. Legasheva, Cand. Techn. Sci., Junior Staff Scientist, Laboratory of Cognac and Brandy; e-mail: lucyleg@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5617-1357>.

Статья поступила в редакцию 13.04.2023, одобрена после рецензии 24.04.2023, принята к публикации 25.05.2023