

Определение параметров проведения процесса биокаталитической активации древесины дуба для выдержки коньячных дистиллятов

Резниченко К.В.¹, Оселедцева И.В.², Алейникова Г.Ю.¹, Глоба Е.В.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, д. 39;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

✉ kokoko20@list.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований по определению параметров проведения процесса биокаталитической активации древесины дуба для выдержки коньячных дистиллятов. В настоящее время эти параметры не определены, поэтому их обоснование и выбор является актуальным направлением и целью исследований. Были изучены 12 вариантов обработки дубовой древесины, предусматривающие различную дозировку биокатализатора (ферментного препарата) и длительность его воздействия. По истечении 6-месячной выдержки все полученные образцы коньячных дистиллятов были подвергнуты химическому и органолептическому анализу. Наиболее высокий дегустационный балл получили дистилляты, выдержанные в контакте с образцами клепки № 3, 6 и 10 – по 8,4 балла. При этом время контакта с комплексным ферментным препаратом (КФП) составляло 3–4 суток, а его концентрация 0,75–1,0 г. Увеличение концентрации КФП или продолжительности процесса обработки признано нерациональным, так как, согласно результатам органолептической оценки, сверхсильная интенсификация процесса этанолиза не способствует улучшению качества. В образцах данной группы были отмечены во вкусе излишняя танинность и сладость, кроме того, они приобретали легкий буроватый оттенок. Определены параметры процесса биокаталитической активации древесины дуба для выдержки коньячных дистиллятов, способствующие активации гидролитических процессов, ускорению процессов экстракции и гидролитического расщепления компонентов древесины дуба. В результате этого в коньячном дистилляте накапливаются оптимальные концентрации дубильных веществ и фенольных альдегидов, играющих весомую роль в сложении типичных органолептических свойств коньяка.

Ключевые слова: биокатализ древесины дуба; дубовая клепка; ферментные препараты; выбор дозировки; продолжительность воздействия препарата; коньячные дистилляты; выдержка; органолептическая оценка.

Для цитирования: Резниченко К.В., Оселедцева И.В., Алейникова Г.Ю., Глоба Е.В. Определение параметров проведения процесса биокаталитической активации древесины дуба для выдержки коньячных дистиллятов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021; 23(2):201-206. DOI 10.35547/IM.2021.23.2.015

O R I G I N A L R E S E A R C H

Determining the process parameters of biocatalytic activation of oak wood for aging brandy distillates

Reznichenko K.V.¹, Oseledtseva I.V.², Aleynikova G.Yu.¹, Globa E.V.¹

¹ FSBSI North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40-Letiya Pobedy str., 350901 Krasnodar, Russian Federation;

² FSBEI of Higher Education Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya str, 350072 Krasnodar, Russian Federation

✉ kokoko20@list.ru

Abstract. The article presents the results of research to determine the process parameters of biocatalytic activation of oak wood for aging brandy distillates. Since these parameters are not defined at the present time, their justification and selection is a hot topic and a goal of research. We have studied 12 variants of processing the oak wood, providing different dosage of biocatalyst (enzyme preparation) and the exposure duration. After 6 months of aging, all the obtained samples of brandy distillates were subjected to chemical and organoleptic analysis. The highest tasting evaluation (8.4 points) was given to distillates aged in contact with stave samples No. 3, 6 and 10. Meanwhile, the time of contact with a complex enzyme preparation (CEP) consisted of 3–4 days, and its concentration was 0.75–1.0 g. An increase in the concentration of CEP or the treatment process duration was recognized as not rational, since, according to the results of organoleptic evaluation, super-strong intensification of the ethanolysis process did not improve the quality. The excessive tannin content and sweetness was registered in flavor of samples of this group. Also they tinged a kind of light brown color. The process parameters of biocatalytic activation of oak wood for aging brandy distillates have been determined, contributing to the activation of hydrolytic processes, acceleration of extracting and hydrolytic splitting of oak wood components. As a result of this, the optimal concentration of tannins and phenolic aldehydes is accumulated in brandy distillates, playing a significant role in composition of typical organoleptic properties of brandy.

Key words: biocatalysis of oak wood; oak stave; enzyme preparations; dosage selection; the exposure duration of preparation; brandy distillates; aging; organoleptic evaluation.

For citation: Reznichenko K.V., Oseledtseva I.V., Aleynikova G.Yu., Globa E.V. Determining the process parameters of biocatalytic activation of oak wood for aging brandy distillates. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2021; 23(2):201-206 (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.23.2.015

Введение

Известно, что улучшение качества и органолептических показателей коньяка главным образом достигается за счет экстрагирования компонентов древесины дуба, их трансформации до ароматических альдегидов и дубильных веществ и накопления их в выдерживаемом коньячном дистилляте в оптимальных концентрациях [1–3]. Следовательно, для формирования типичных свойств коньяка необходимо создать оптимальные условия для экстракции компонентов древесины дуба и деполимеризации лигнина.

Считается, что добавление в коньячный спирт необработанной древесины дуба способствует появлению грубого и резкого вкуса и наличия в букете специфических «дубовых» тонов [1]. Существует достаточно много способов и приемов предварительной обработки древесины, оптимизирующих процессы экстракции необходимых компонентов.

Основные способы обработки дубовой клепки могут быть разделены на три основные группы: физические (обработка теплом, холодом, электрическим током, ультразвуком, УФ-лучами, проникающей радиацией, световым излучением, акустическими колебаниями, переменными магнитными полями и т.д.), химические (обработка различными химическими реагентами – кислотами, щелочами, катализаторами минеральной и органической природы, газообразным кислородом и другими газами) и комбинированные (физические и химические способы воздействия) [4–9].

Биокатализ – одно из ведущих направлений мировой биотехнологии, изучающих закономерности воздействия ферментов на субстраты. Ферменты, выделенные из живых микроорганизмов, растений и животных, обладают уникальной способностью ускорять биохимические процессы, происходящие при переработке различных видов сырья и отдельных субстратов в технологии получения пищевых продуктов и добавок, биологически активных веществ, лекарственных соединений, продуктов легкой промышленности, бытовой химии и сельского хозяйства [10].

Такое направление относится к инженерной энзимологии, в частности, к промышленному биокатализу – перспективному направлению биотехнологии, получившему широкое распространение как в Российской Федерации, так и за рубежом. Развитию промышленного биокатализа способствует появление на мировом рынке новых высокоочищенных ферментных препаратов, полученных методом микробиологического синтеза из активных природных продуцентов, в том числе с использованием генной и клеточной инженерии.

В последнее десятилетие правительством РФ и научным сообществом уделяется пристальное внимание развитию новых эффективных отечественных технологий по производству и использованию биокатализаторов путем включения проектов, связанных с биокаталитическими процессами, в состав Федеральных целевых научно-технических программ [11].

При всем многообразии методов обработки древесины возможность биохимической активации древесины с участием естественной микрофлоры и продуктов жизнедеятельности микроскопических грибов

остается малоизученной.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о положительном опыте использования ферментов, являющихся биологическими катализаторами, в различных отраслях промышленности, включая виноделие [12–17].

Особый интерес для коньячного производства представляют исследования по использованию биокатализаторов в деревообрабатывающей промышленности [18–20]. Имеющиеся научные данные позволяют предположить, что активация дубовой древесины, используемой в коньячном производстве, возможна при использовании метода биохимической активации, основанной на применении ферментов.

Способ активации дубовой древесины с использованием биокатализаторов, технически достигаемый применением в качестве активатора процесса деструкции компонентов древесины ферментных препаратов, обладающих целлюлолитической, β -полигалактуроназной и β -гликозидазной активностями с суммарной активностью 4500–6000 ед/см³, является эффективным и позволяет активизировать процессы извлечения и превращения ценных компонентов [21–22]. Однако в настоящее время не определены параметры проведения процесса биокаталитической активации древесины дуба для коньячного производства, поэтому их обоснование и выбор является актуальным направлением исследований.

Цель работы – изучение и выбор оптимальных параметров проведения процесса активации древесины дуба с использованием биокатализаторов.

Объекты и методы

Объектами исследований служили дубовая клепка колото-пиленая размером 1,5×1,5×3 см из древесины дуба черешчатого; комплексный ферментный препарат (КФП), представляющий собой смоделированный объект, полученный путем смешивания в разных соотношениях промышленных ферментных препаратов, обладающих целлюлолитической, β -полигалактуроназной и β -гликозидазной активностью с суммарной активностью 6000–6200 ед/см³; опытные образцы коньячного дистиллята с объемной долей этилового спирта 65 %, выдержанные в течение 6 месяцев при температуре 22–25°C на биокаталитически активированной древесине дуба (из расчета 150 см²/дм³ удельной поверхности).

Исследования включали выбор дозировки комплексного ферментного препарата, приоритетной активности ферментной системы и продолжительности воздействия препарата на дубовую древесину.

Были изучены 12 вариантов биокаталитической активации дубовой клепки, предусматривающие различную дозировку ферментного препарата (биокатализатора) и длительность воздействия (табл. 1.). В качестве контрольного варианта был использован способ обработки дубовой клепки, предусматривающий двукратное замачивание древесины в холодной воде, обработку острым паром, ополаскивание холодной и горячей водой и высушивание до влажности 60 %. Дозировки устанавливали, исходя из рекомендуемых норм обработки мезги и винограда ферментными

препаратами [23].

Для активизации процессов гидролитического расщепления углеводов древесины и деполимеризации лигнина с образованием низкомолекулярных фрагментов, способных растворяться в спиртовых растворах, проводили последующую сушку обработанной древесины. Сушка дубовой клепки осуществлялась при температуре 125–150°C до приобретения ею коричневой окраски. При таком интервале температур, согласно литературным источникам [24], извлекаемый из древесины лигнин распадается с образованием ванилина и сирингина, кроме того, достигается абсолютная инактивация применяемых ферментов.

Обработанную комбинированным способом дубовую клепку помещали в коньячный дистиллят с объемной долей этилового спирта 65% и рН 4,0 из расчета удельной поверхности 150 см²/дм³ и выдерживали в течение 6 месяцев при температуре 22–25 °С.

По истечении 6-месячной выдержки полученные образцы коньячных дистиллятов были подвергнуты химическому и органолептическому анализу. В качестве критериев оценки качества процесса массообмена были выбраны концентрация фенольных альдегидов (по СТО 00668034-030-2011 «Коньячные дистилляты. Методика измерений содержания ароматических альдегидов и кислот методом капиллярного электрофореза»), массовая концентрация дубильных веществ (по СТО 00668034-031-2011 «Коньячные дистилляты. Методика измерений содержания дубильных веществ титриметрическим методом»), а также органолептическая оценка полученных образцов по 10-балльной системе.

Результаты и обсуждение

При оценке эффективности биокаталитической активации дубовой древесины основным критерием являлся органолептический анализ выдержанных дистиллятов, так как увеличение суммарной концентрации фенольных альдегидов и дубильных веществ не является прямым показателем эффективности проведения процесса ак-

Таблица 1. Варианты биокаталитической активации дубовой клепки
Table 1. Variants of oak stave biocatalytic activation

Наименование образца	Режимы и параметры обработки
Контроль	Древесину дуба двукратно замачивают в холодной (температура 16°C) воде в течение 72 ч, затем проводят 20-минутную обработку острым паром, последовательно ополаскивают холодной (температура 16°C) и горячей (температура 80°C) водой и высушивают до влажности 60 % в хорошо проветриваемом помещении при 45°C
Образец № 1	Аналогично контролю, только клепку дополнительно обрабатывают водной суспензией комплексного ферментного препарата (КФП), обладающего целлюлолитической, β-полигалактуроназной и β-гликозидазной активностью с суммарной активностью 6000 ед/см ³ , из расчета 0,75 г препарата на 1 кг дубовой клепки в течение 2 сут. и сушат при температуре 125 °С до приобретения ею коричневой окраски
Образец № 2	Аналогично образцу № 1, только обработку КФП проводят в течение 3 сут.
Образец № 3	Аналогично образцу № 1, только обработку КФП проводят в течение 4 сут.
Образец № 4	Аналогично образцу № 1, только обработку КФП проводят в течение 5 сут.
Образец № 5	Аналогично образцу № 1, только обработку КФП проводят из расчета 1,0 г препарата на 1 кг дубовой клепки
Образец № 6	Аналогично образцу № 5, только обработку КФП проводят в течение 3 сут.
Образец № 7	Аналогично образцу № 5, только обработку КФП проводят в течение 4 сут.
Образец № 8	Аналогично образцу № 5, только обработку КФП проводят в течение 5 сут.
Образец № 9	Аналогично образцу № 1, только клепку обрабатывают водной суспензией комплексного ферментного препарата (КФП), обладающего целлюлолитической, β-полигалактуроназной и β-гликозидазной активностью с суммарной активностью 6200 ед/см ³ в течение 3 сут.
Образец № 10	Аналогично образцу № 9, только обработку КФП проводят в течение 4 сут.
Образец № 11	Аналогично образцу № 9, только обработку КФП проводят из расчета 1,0 г препарата на 1 кг дубовой клепки
Образец № 12	Аналогично образцу № 11, только обработку КФП проводят в течение 4 сут.

Таблица 2. Массовая концентрация ароматических альдегидов, дубильных веществ и органолептическая оценка опытных вариантов коньячного дистиллята
Table 2. Mass concentration of aromatic aldehydes, tannins and organoleptic evaluation of experimental variants of brandy distillates

Наименование образца	Массовая концентрация ароматических альдегидов, мг/дм ³					Массовая концентрация дубильных веществ, г/дм ³	Органолептическая оценка, балл
	ванилин	конифероловый	сиреневый	синаповый	сумма		
Контроль	2,9	2,6	5,3	1,8	12,6	0,6	8,20
Образец №1	2,2	1,0	5,4	0,6	9,2	0,7	8,00
Образец №2	3,4	1,2	7,8	1,2	13,6	0,9	8,20
Образец №3	5,2	4,1	12,1	2,7	24,1	1,1	8,40
Образец №4	6,6	7,2	16,8	5,4	36,0	1,4	8,20
Образец №5	3,2	1,4	8,2	1,3	14,1	0,7	8,10
Образец №6	5,4	4,7	13,0	3,2	26,3	1,0	8,40
Образец №7	6,0	5,0	14,2	2,9	28,1	1,2	8,30
Образец №8	6,4	5,3	14,8	3,6	30,1	1,6	8,25
Образец №9	3,7	1,3	13,2	3,4	21,6	1,3	8,20
Образец №10	6,0	3,5	13,2	3,7	26,4	1,5	8,40
Образец №11	5,8	5,6	14,9	3,8	30,1	1,5	8,30
Образец №12	7,2	6,3	17,8	5,0	36,3	1,6	8,30

тивации древесины. Наиболее высокий дегустационный балл получили дистилляты, выдержанные в контакте с образцами клепки № 3, 6 и 10 – 8,4 балла, что на 0,2 балла выше контрольного образца и на 0,1–0,3 балла выше других опытных образцов (табл. 2).

Таким образом, оптимальным является режим обработки дубовой клепки, предусматривающий двукратное замачивание клепки в холодной воде, обработку острым паром, ополаскивание, последующую ферментативную обработку клепки в течение 3–4 сут. с помощью водной суспензии комплексного ферментного препарата, обладающего целлюлолитической, β -полигалактуроназной и β -гликозидазной активностью с суммарной активностью 6000–6200 ед/см³ с дозировкой препарата из расчета 0,75–1,0 г на 1 кг дубовой клепки и сушку ферментированной дубовой клепки при температуре 125–150°C в течение 18–24 ч до появления коричневой окраски. Увеличение концентрации комплексного ферментного препарата (КФП) или продолжительности процесса обработки признано нерациональным, так как, согласно результатам органолептической оценки, сверхсильная интенсификация процесса этанолиза, способствующая значительному увеличению концентрации фенольных альдегидов и дубильных веществ, не способствует улучшению качества: в образцах данной группы были отмечены во вкусе излишняя танинность, некоторая сладость, кроме того, они приобретали легкий буроватый оттенок.

Выводы

На основании проведенных исследований определены параметры процесса биокаталитической активации древесины дуба для выдержки коньячных дистиллятов. Установлено, что биокаталитическая обработка древесины дуба в течение 3–4 сут. с помощью водной суспензии комплексного ферментного препарата, обладающего целлюлолитической, β -полигалактуроназной и β -гликозидазной активностью с суммарной активностью 6000–6200 ед/см³ в дозировке препарата из расчета 0,75–1,0 г на 1 кг дубовой клепки с последующей сушкой клепки при температуре 125–150°C в течение 18–24 ч до появления коричневой окраски способствуют активации гидролитических процессов, ускорению процессов экстракции и гидролитического расщепления компонентов древесины дуба, в результате чего в коньячном дистилляте накапливаются оптимальные концентрации дубильных веществ и фенольных альдегидов, играющих весомую роль в сложении типичных органолептических свойств коньячных дистиллятов.

Источник финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 19-416-233021.

Financing source

The study was carried out with financial support of the RFBR and the Administration of Krasnodar Territory within the framework of scientific project No. 19-416-233021.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. L. Lurton, G. Ferrari, G. Snackers. Cognac: production and aromatic characteristics. Woodhead Publishing Series in Food Science. Technology and Nutrition. Alcoholic Beverages. Woodhead Publishing. 2012:242-266. <https://doi.org/10.1533/9780857095176.3.242>.
2. Alex O. Okaru, Dirk W. Lachenmeier. Encyclopedia of Food Chemistry. Academic Press. 2019:543-549. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21825-8>.
3. A. Tsakiris, S. Kallithraka, Y. Kourkoutas. Brandy and Cognac: Manufacture and Chemical Composition. Academic Press. 2016:462-468. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00081-7>.
4. Bin Zhang, Xin-An Zeng, Wei Tie Lin, Da-Wen Sun, Jin-Lin Cai. Effects of electric field treatments on phenol compounds of brandy aging in oak barrels. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2013;20:106-114. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.003>.
5. M.J. Delgado-González, M.M. Sánchez-Guillén, M.V. García-Moreno, M.C. Rodríguez-Dodero, C. García-Barroso, D.A. Guillén- Sánchez. Study of a laboratory-scaled new method for the accelerated continuous ageing of wine spirits by applying ultrasound energy. Ultrasonics Sonochemistry. 2016; 36:226-235. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.11.031>.
6. Mónica Schwarz, M. Carmen Rodríguez, Manuel Sánchez, Dominico A. Guillén, Carmelo G. Barroso. Development of an accelerated aging method for Brandy. LWT - Food Science and Technology. 2014;59(1):108-114. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.060>.
7. Milan Gaff, František Kačík, Miroslav Gašparík. Impact of thermal modification on the chemical changes and impact bending strength of European oak and Norway spruce wood, Composite Structures. 2019;216:80-88. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.02.091>.
8. Разумовский С.Д., Подмастерьев В.В., Зеленецкий А.Н. Механо-химические методы активации процессов предобработки биомассы. Катализ в промышленности. 2010; 5:53-57.
9. Anita Smailagic, Dalibor M. Stankovic, Sanja Vranjes Duric, Sonja Veljovic, Dragana Dabic Zagorac, Dragan Manojlovic, Maja Natic, Influence of extraction time, solvent and wood specie on experimentally aged spirits – A simple tool to differentiate wood species used in cooperage. Food Chemistry. 2021;346:128896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128896>.
10. Румянцева Г.Н., Дунченко Н.И. Биокатализ: концепция и практическое использование. Учебное пособие. М.: ДеЛи принт. 2010:118 с.
11. Зайцева Е.А., Осипова Т.А. Изучение биокатализаторов и возможностей их практического использования в рамках федеральной целевой научно-технической программы России «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники». Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2006;47(1):4-14.
12. James R. Marshall, Juan Mangas-Sanchez, Nicholas J. Turner. Expanding the synthetic scope of biocatalysis by enzyme discovery and protein engineering. Tetrahedron. 2021;82:131926. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2021.131926>.
13. Lange L., Parmar V., Meyer A.. Biocatalysis. Encyclopedia of Sustainable Technologies. Elsevier. 2017:663-673. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10254-4>.
14. Sameh S. Ali, Rania Al-Tohamy, Alessandro Manni, Fábio Codignole Luz, Tamer Elsamahy, Jianzhong Sun. Enhanced digestion of bio-pretreated sawdust using a novel bacterial consortium: Microbial community structure and methane-producing pathways. Fuel. 2019;254:115604. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115604>.

- org/10.1016/j.fuel.2019.06.012.
15. Jung-Min Choi, Sang-Soo Han, Hak-Sung Kim. Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects. *Biotechnology Advances*. 2015;33(7):1443-1454. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.02.014>.
 16. Custer C.S. History of Food Microbiology (A Brief). *Encyclopedia of Food Microbiology*. Second Edition. Academic Press. 2014:213-220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00165-8>.
 17. Wei-Xuan Sun, Kai Hu, Jun-Xiang Zhang, Xiao-Lin Zhu, Yong-Sheng Tao. Aroma modulation of Cabernet Gernischt dry red wine by optimal enzyme treatment strategy in winemaking. *Food Chemistry*. 2018;245:1248-1256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.106>.
 18. Surendra Sarsaiya, Archana Jain, Sanjeev Kumar Awasthi, Yumin Duan, Mukesh Kumar Awasthi, Jingshan Shi. Microbial dynamics for lignocellulosic waste bioconversion and its importance with modern circular economy, challenges and future perspectives. *Bioresource Technology*. 2019; 291:121905. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121905>.
 19. Chen J.-Y., Shimizu Y., Takai M., Hayashi J. A method for isolation of milled-wood lignin involving solvent swelling prior to enzyme treatment. *Wood science and technology*. 1995;29:295-306.
 20. Xiaojun Jia, Xiaomeng Qin, Xueping Tian, Yuan Zhao, Tao Yang, Jun Huang. Inoculating with the microbial agents to start up the aerobic composting of mushroom residue and wood chips at low temperature. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2021;9(4):105294. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105294>.
 21. Резниченко К.В., Антоненко М.В., Алейникова Г.Ю., Антоненко О.П., Глоба Е.В., Исследование влияния способа предварительной обработки на структурные свойства древесины дуба в коньячном производстве. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2019;60(6):163-171.
 22. Резниченко К.В., Антоненко М.В., Алейникова Г.Ю., Антоненко О.П., Глоба Е.В., Влияние способа обработки древесины дуба на состав получаемых водно-спиртовых экстрактов. *Русский виноград*. 2019;10:132-140.
 23. Технологические правила виноделия. В 2 тт. Под ред. Г.Г. Валуйко и В.А. Загоруйко. Симферополь: Таврида. Общие положения. Тихие вина. 2006;1:217.
 24. Кишковский З.Н., Коновалова Н.Н. Использование обработанной ультразвуком и теплом древесины дуба при созревании коньячных спиртов. *Виноделие и виноградарство*. 2004;3:13-15.
- ### References
1. L. Lurton, G. Ferrari, G. Snackers. Cognac: production and aromatic characteristics. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Alcoholic Beverages*. Woodhead Publishing. 2012:242-266. <https://doi.org/10.1533/9780857095176.3.242>.
 2. Alex O. Okaru, Dirk W. Lachenmeier. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Academic Press. 2019:543-549. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21825-8>.
 3. A. Tsakiris, S. Kallithraka, Y. Kourkoutas. Brandy and Cognac: Manufacture and Chemical Composition. *Academic Press*. 2016:462-468. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00081-7>.
 4. Bin Zhang, Xin-An Zeng, Wei Tie Lin, Da-Wen Sun, Jin-Lin Cai. Effects of electric field treatments on phenol compounds of brandy aging in oak barrels. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2013;20:106-114. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.003>.
 5. M.J. Delgado-González, M.M. Sánchez-Guillén, M.V. García-Moreno, M.C. Rodríguez-Dodero, C. García-Barroso, D.A. Guillén- Sánchez. Study of a laboratory-scaled new method for the accelerated continuous ageing of wine spirits by applying ultrasound energy. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016; 36:226-235. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.11.031>.
 6. Mónica Schwarz, M. Carmen Rodríguez, Manuel Sánchez, Dominico A. Guillén, Carmelo G. Barroso. Development of an accelerated aging method for Brandy. *LWT - Food Science and Technology*. 2014;59(1):108-114. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.060>.
 7. Milan Gaff, František Kačík, Miroslav Gašparík. Impact of thermal modification on the chemical changes and impact bending strength of European oak and Norway spruce wood, Composite Structures. 2019;216:80-88. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.02.091>.
 8. Razumovsky S.D., Podmaster'ev V.V., Zelenetsky A.N. Mechanochemical methods of activation biomass preprocessing processes. *Catalysis in industry*. 2010;5:53-57 (in Russian).
 9. Anita Smailagic, Dalibor M. Stankovic, Sanja Vranjes Duric, Sonja Veljovic, Dragana Dabic Zagorac, Dragan Manojlovic, Maja Natic, Influence of extraction time, solvent and wood specie on experimentally aged spirits – A simple tool to differentiate wood species used in cooperage. *Food Chemistry*. 2021;346:128896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128896>.
 10. Rumyantseva G.N., Dunchenko N.I. Biocatalysis: concept and practical use. M.: DeLi print. 2010:118 p. (in Russian).
 11. Zaitseva E. A., Osipova T. A. Study of biocatalysts and the possibilities of their practical use in the framework of the federal target scientific and technical program of Russia «Research and development in priority areas of science and technology development». *Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 2: Chemistry*. 2006;47(1):4-14 (in Russian).
 12. James R. Marshall, Juan Mangas-Sanchez, Nicholas J. Turner. Expanding the synthetic scope of biocatalysis by enzyme discovery and protein engineering. *Tetrahedron*. 2021;82:131926. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2021.131926>.
 13. Lange L., Parmar V., Meyer A.. Biocatalysis. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. Elsevier. 2017:663-673. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10254-4>.
 14. Sameh S. Ali, Rania Al-Tohamy, Alessandro Manni, Fábio Codignole Luz, Tamer Elsamahy, Jianzhong Sun. Enhanced digestion of bio-pretreated sawdust using a novel bacterial consortium: Microbial community structure and methane-producing pathways. *Fuel*. 2019;254:115604. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.06.012>.
 15. Jung-Min Choi, Sang-Soo Han, Hak-Sung Kim. Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects. *Biotechnology Advances*. 2015;33(7):1443-1454. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.02.014>.
 16. Custer C.S. History of Food Microbiology (A Brief). *Encyclopedia of Food Microbiology*. Second Edition. Academic Press. 2014:213-220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00165-8>.
 17. Wei-Xuan Sun, Kai Hu, Jun-Xiang Zhang, Xiao-Lin Zhu, Yong-Sheng Tao. Aroma modulation of Cabernet Gernischt dry red wine by optimal enzyme treatment strategy in winemaking. *Food Chemistry*. 2018;245:1248-1256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.106>.
 18. Surendra Sarsaiya, Archana Jain, Sanjeev Kumar Awasthi, Yumin Duan, Mukesh Kumar Awasthi, Jingshan Shi. Microbial dynamics for lignocellulosic waste bioconversion and its importance with modern circular economy, challenges and future perspectives. *Bioresource Technology*. 2019; 291:121905. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121905>.

19. Chen J.-Y., Shimizu Y., Takai M., Hayashi J. A method for isolation of milled-wood lignin involving solvent swelling prior to enzyme treatment. *Wood science and technology*. 1995;29:295-306.
20. Xiaojun Jia, Xiaomeng Qin, Xueping Tian, Yuan Zhao, Tao Yang, Jun Huang. Inoculating with the microbial agents to start up the aerobic composting of mushroom residue and wood chips at low temperature. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2021;9(4):105294. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105294>.
21. Reznichenko K.V., Antonenko M.V., Aleynikova G.Yu., Antonenko O.P., Globa E.V. Investigation of the influence of the pretreatment method on the structural properties of oak wood in cognac production. *Fruit growing and viticulture in the South of Russia*. 2019;60(6):163-171 (*in Russian*).
22. Reznichenko K.V., Antonenko M.V., Aleynikova G.Yu., Antonenko O.P., Globa E.V. Influence of the method of processing oak wood on the composition of the obtained water-alcohol extracts. *Russian grapes*. 2019;10:132-140 (*in Russian*).
23. Technological rules of winemaking. In 2 vols. Edited by Valuiko G.G. and Zagorouiko V.A. Simferopol: Tavrida. General provisions. *Still wines*. 2006;1:217 (*in Russian*).
24. Kishkovsky Z.N., Konovalova N.N. The use of oak wood treated with ultrasound and heat during the maturation of cognac spirits. *Winemaking and Viticulture*. 2004;3:13-15 (*in Russian*).

Информация об авторах

Кристина Вячеславовна Резниченко, канд. техн. наук, научный сотрудник НЦ «Виноделие», kokoko20@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6109-9564>;

Инна Владимировна Оселедцева, д-р техн. наук, начальник управления организации научных исследований, ivovino@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7801-3229>;

Галина Юрьевна Алейникова, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах, ст. науч. сотр. ФНЦ «Виноградарство и виноделие», gala.aleynikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9959-2522>;

Екатерина Владимировна Глоба, мл. науч. сотр. НЦ «Виноделие», balandinal19@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6890-3076>

Information about authors

Kristina V. Reznichenko, Cand.Techn.Sci., Staff Scientist of SC Winemaking, kokoko20@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6109-9564>;

Inna V. Oseledtseva, Dr.Techn.Sci., Head of Department of Scientific Research Organization, ivovino@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7801-3229>;

Galina Yu. Aleynikova, Cand.Agric.Sci., Head of Laboratory of Reproduction Management in Ampeloceneses and Ecosystems, gala.aleynikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9959-2522>;

Ekaterina V. Globa, Junior Staff Scientist of SC Winemaking, balandinal19@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6890-3076>

Статья поступила в редакцию 12.02.2021, одобрена после рецензии 13.04.2021, принята к публикации 20.05.2021