

Исследование влияния эндополигалактуроназы дрожжей вида *Kluyveromyces marxianus* на процессы осветления и качество коньячных виноматериалов и дистиллятов

Ольга Алексеевна Чурсина, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., гл. науч. сотр. лаборатории коньяка, olal45@mail.ru, тел. (3654) 23-40-95, <https://orcid.org/0000-0003-4976-0871>;

Виктор Афанасьевич Загоруйко, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр. лаборатории коньяка, зав. лабораторией коньяка, vikzag51@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1350-7551>;

Людмила Алексеевна Легашева, мл. науч. сотр. лаборатории коньяка, lusi2402@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5617-1357>;

Алина Васильевна Мартыновская, мл. науч. сотр. лаборатории экспериментального виноделия и коллекционных вин, alino4ka81292@mail.ru;

Елена Леонидовна Удод, науч. сотр. лаборатории коньяка, eprupa.epops@yandex.ru;

Максим Юрьевич Шаламитский, мл. науч. сотр. лаборатории микробиологии, mshalamitskiy@yahoo.com

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

В работе представлены результаты исследований влияния эндополигалактуроназы дрожжей рода *Kluyveromyces marxianus* на процессы отделения и осветления суслу, а также качество коньячных виноматериалов и дистиллятов. Проблемой виноделия является высокое содержание полисахаридов в виноградной ягоде, что снижает выход суслу, затрудняет процессы его осветления, способствует окислению и обогащению нежелательными компонентами, ухудшающими качество готового продукта. Использование ферментных препаратов пектолитического действия в коньячном производстве ограничено из-за риска увеличения содержания метанола, который образуется при действии на пектины винограда пектинэстеразы. Перспективным направлением является использование в коньячном производстве эндополигалактуроназы, продуцируемой дрожжами вида *Kluyveromyces marxianus*. Установлено, что обработка суслу и мезги опытным ферментным препаратом, полученном при культивировании штамма дрожжей вида *Kluyveromyces marxianus*, способствует увеличению выхода суслу, снижению содержания взвесей и объема образующегося осадка при осветлении суслу, повышению его качества. Показано, что физико-химический состав виноматериалов и дистиллятов, полученных из обработанного суслу, практически не изменяется. Массовая концентрация метанола в опытных коньячных виноматериалах и дистиллятах не превышала уровня контрольных образцов. Установлена эффективность использования препарата в коньячном производстве с целью повышения выхода и качества суслу.

Ключевые слова: ферментный препарат; культуральная жидкость; суслу; мезга; обработка; вспомогательные материалы; взвеси; осадок; фенольные вещества; метанол.

ORIGINAL RESEARCH

Study of the influence of endopolygalacturonase *Kluyveromyces marxianus* yeast species on the processes of clarification and quality of brandy wine materials and distillates

Olga Alekseevna Chursina, Victor Afanasievich Zagorouiko, Ludmila Alekseevna Legasheva, Alina Vasilyevna Martynovskaya, Elena Leonidovna Udod, Maksim Yurievich Shalamitskiy

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova Str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation

The article presents the results of study on the influence of endopolygalacturonase yeast species *Kluyveromyces marxianus* on the processes of separation and clarification of must, as well as the quality of brandy wine materials and distillates. The problem of winemaking is the high content of polysaccharides in grape berries, which reduces the yield of must, complicates the process of clarification, contributes to the oxidation and enrichment with undesirable components degrading the quality of the finished product. Use of pectolytic enzymes in brandy production is limited due to the risk of increase in the content of methanol, appearing when pectin esterase acts on grape pectins. Use of endopolygalacturonase rendered by the yeast species *Kluyveromyces marxianus* is a promising direction in brandy production. It was found that treatment of the must and pulp with experimental enzyme preparation obtained by culturing a yeast strain of the species *Kluyveromyces marxianus* contributes to an increase in the yield of the must and a decrease in the content of suspensions and volume of the sediment formed in the process of must clarification, and quality improving. It was shown that the physicochemical composition of wine materials and distillates obtained from the treated must remained permanent. Mass concentration of methanol in the experimental brandy wine materials and distillates did not exceed the level of control samples. The effectiveness of use of the preparation in brandy production was established in order to increase the product yield and quality of the must.

Key words: enzyme preparation; culture liquid; must; pulp; treatment; auxiliary materials; suspensions; sediment; phenolic substances; methanol.

Как цитировать эту статью:

Чурсина О.А., Загоруйко В.А., Легашева Л.А., Мартыновская А.В., Удод Е.Л., Шаламитский М.Ю. Исследование влияния эндополигалактуроназы дрожжей вида *Kluyveromyces marxianus* на процессы осветления и качество коньячных виноматериалов и дистиллятов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020; 22(2); С. 179-184. DOI 10.35547/IM.2020.58.69.018

How to cite this article:

Chursina O.A., Zagorouiko V.A., Legasheva L.A., Martynovskaya A.V., Udod E.L., Shalamitskiy M. Yu. Study of the influence of endopolygalacturonase *Kluyveromyces marxianus* yeast species on the processes of clarification and quality of brandy wine materials and distillates. Magarach. iticulture and Winemaking. 2020; 22(2): 179-184. DOI 10.35547/IM.2020.58.69.018

УДК 663.12:663.241:663.252.3

Поступила 12.05.20

Принята к публикации 20.05.2020

© Авторы

Введение. Интенсификация современного виноделия неразрывно связана с применением ферментных препаратов, играющих определяющую роль во многих процессах производства вин [1-3]. В зависимости от сортовых особенностей и экологических условий произрастания ягоды винограда вида *Vitis vinifera* могут накапливать значительный уровень полисахаридов, которые при технологической переработке винограда поступают в сусло в количестве от 1,8 до 2,7 г/дм³ [4, 5]. Их высоким содержанием отличаются также и высокопродуктивные сорта винограда межвидовой селекции с повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам, что определяется важной ролью высокомолекулярных углеводов в адаптационных механизмах растений [6, 7]. По данным ряда авторов, содержание пектина в сортах винограда новой селекции (Первенец Магарача, Цитронный Магарача, Виорика) может достигать 1,85-2,03 % [8].

Высокое содержание полисахаридов в виноградной ягоде снижает выход и осветление сусла, увеличивает период контакта сусла с взвешьями, что приводит к дополнительной экстракции фенольных, азотистых и других веществ, воздействию окислительных ферментов, локализованных на частицах кожицы, и обуславливает ухудшение органолептических показателей виномаaterialа, увеличивая в нем содержания метанола и высших спиртов [4, 9, 10].

Для решения этой проблемы в практике виноделия широко применяют ферментные препараты пектолитического действия (Пектофоетидин, Пектаваморин, Rapidase, Lallzyme, Uvazym, Aroma Enzyme и др.) [11-13]. Промышленные пектолитические ферментные препараты зачастую являются многокомпонентными и содержат, кроме пектиназы, протеиназы, целлюлазы и гемицеллюлазы, большинство из них обладает в разной степени пектинэстеразной активностью и способно гидролизовать в растворимом пектине сложноэфирные связи с образованием карбоксильных групп и метанола [4, 13, 14]. Увеличение содержания метанола, которое в коньячном дистилляте и коньяке строго лимитировано, является ограничением для использования пектолитических ферментных препаратов в коньячном производстве [4, 10, 14].

Перспективными исследованиями в этом направлении являются разработки отечественных и зарубежных исследователей по получению внеклеточных ферментов из дрожжевой микрофлоры [15-17]. Некоторые виды винных дрожжей, культивируемые в соответствующей среде, способны продуцировать гидролитические ферменты, разрушающие пектиновые вещества: эндополигалактуроназы, пектинэстеразы и др.

Интерес для коньячного производства могут представлять эндополигалактуроназы – ферменты, которые гидролизуют гликозидные связи (α -1,4-Д-галактозидуронидные связи) пектина с образованием фрагментов пектиновой кислоты или отдельных молекул галактуроновой кислоты.

Эндополигалактуроназная активность отмечается у разных видов дрожжей [16-20]. Скрининг 34 штаммов-продуцентов полигалактуроназы дрожжей вида *Sacch. vini*, *Sacch. paradoxus*, *Sacch. uvarum*, *Sacch. oviformis*,

Kluyveromyces marxianus из Коллекции микроорганизмов для виноделия (ЦКП ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач») показал, что наиболее высокой способностью к синтезу белков с эндополигалактуроназной активностью, обладают дрожжи вида *Kluyveromyces marxianus* [20]. Эндополигалактуроназная активность 15 штаммов дрожжей этого рода составила 278-1673 ед., что оказалось значительно выше, чем у дрожжей сахаромикетов (0,58-6,4 ед.). По данным [21] содержание эндополигалактуроназы может достигать 90 % от общей суммы белков, секретлируемых дрожжами в культуральную жидкость. Их уровень обусловлен как особенностями микроорганизмов, так и составом питательной среды и условиями культивирования.

Несмотря на то, что дрожжи вида *Kluyveromyces* широко используются в пищевой (молочной), медицинской, фармацевтической и других промышленности, их влияние на процессы осветления сусла и качество коньячных виномаaterialов и дистиллятов изучено недостаточно.

Целью исследований явилось изучение влияния эндополигалактуроназы дрожжей вида *Kluyveromyces marxianus* (*Kl. marxianus*) на процессы отделения и осветления сусла, а также качество коньячных виномаaterialов и дистиллятов.

Объекты и методы исследований. Материалами исследований являлись сусло и мезга сортов винограда Первенец Магарача селекции института «Магарач», Ркацителы, Шабаш, Чинури урожая 2016-2019 гг., коньячные виномаaterialы, полученные в условиях микроиноделия по общепринятой технологии (дробление винограда с гребнеотделением, отделение сусла из мезги, осветление сусла 12 ч при температуре 10-12°C, брожение сусла) с использованием чистой культуры дрожжей 47-К из Коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» (КМВ «Магарач») [22], молодые коньячные дистилляты, выработанные на стендовой установке по шарантской технологии.

Для обработки сусла и мезги использовали опытный ферментный препарат (ФП), полученный в лабораторных условиях на основе культуральной среды, содержащей внеклеточный фермент эндополигалактуроназу, продуцентом которой являлся штамм III-360 (штамм ВКМ У-848) вида *Kl. marxianus*, с эндополигалактуроназной активностью 1422,22 ед.

Способ получения ФП предусматривал культивирование штамма на виноградном сусле, разбавленном дистиллированной водой до содержания массовой концентрации сахаров 90-100 г/дм³, при температуре (26 ± 0,5)°C в течение 7 дней, с последующим удалением дрожжевого осадка путем центрифугирования.

Эндополигалактуроназную активность ФП определяли вискозиметрическим методом Лифшиц Д.Б. [23] в модификации Тюриной С.С. [24]. За единицу активности принимали то количество фермента, при котором в оптимальных условиях (при температуре 30°C, величине рН 5,0) осуществлялся гидролиз 1 мг пектина в минуту со снижением вязкости раствора субстрата на 20 %.

Для оценки влияния эндополигалактуроназы

Таблица. Схемы обработки сусла и применяемые дозы вспомогательных материалов

Table. Must treatment regimens and applied doses of auxiliary materials

Вариант	Схема обработки сусла	Доза (ФП, мл/дм ³ ; ЭЖ, мг/дм ³ ; Б, г/дм ³)
1	Контроль – сусло без обработки	-
2	ФП	5 мл/дм ³
3	ФП+Б	5 мл/дм ³ ; 1 г/дм ³
4	ФП+ ЭЖ+ Б	5 мл/дм ³ ; 100 мг/дм ³ ; 1 г/дм ³
5	Б	1 г/дм ³
6	ЭЖ+ Б	100 мг/дм ³ ; 1 г/дм ³

дрожжей вида *Kl. fragilis* на процессы осветления, в свежее сусло вносили опытный ФП и оставляли при комнатной температуре на 1 ч, а затем сусло направляли на осветление, которое проводили путем отстаивания в течение 12 ч при температуре 10-12°C без/с внесением вспомогательных материалов (бентонита (Б), энтожелатина (ЭЖ) и бентонита) в соответствии со схемами, указанными в табл. После осветления сусло снимали с осадка и оценивали эффективность обработки. Контролем служил образец без обработки.

При изучении влияния эндополигалактуроназы дрожжей вида *Kl. fragilis* на химический состав и качество виноматериалов и дистиллятов проводили обработку сусла или мезги ФП дозой 5 мл/дм³, оставляли на 1 ч при комнатной температуре. Обработанное сусло, в том числе и отделенное от мезги, направляли на осветление путем отстаивания в течение 12 ч при температуре 10-12°C и брожение. Полученные виноматериалы осветляли, анализировали и направляли на дистилляцию, которую осуществляли на стендовой установке по шарантской технологии методом двойной сгонки.

Анализ сусла, виноматериалов и дистиллятов проводили общепринятыми методами [25]. Исследование ароматобразующего комплекса виноматериалов и дистиллятов, в т.ч. метанола, осуществляли путем газохроматографического разделения компонентов на хроматографе Agilent Technology 6890 с масс-спектрометрическим детектором. Органолептическую оценку виноматериалов и дистиллятов проводили с привлечением дегустационной комиссии ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

В исследованиях использовали микробиологически стойкие виноматериалы, по качеству не ниже удовлетворительной оценки. Результаты проведенных исследований систематизировали, обрабатывали методами математической статистики, с применением программного обеспечения компьютерных технологий.

Обсуждение результатов. Результаты ис-

следования процессов осветления сусла при обработке опытным ФП и вспомогательными материалами в соответствии со схемой эксперимента (табл.) позволили установить снижение содержания взвесей во всех вариантах обработки, по сравнению с контролем, за исключением варианта 2, при котором ФП применялся индивидуально, без вспомогательных материалов.

Наиболее значительное уменьшение показателя отмечено при использовании комбинированной обработки сусла ФП совместно с энтожелатином и бентонитом (на 43-48 %) (рис. 1).

Обработка сусла только вспомогательными материалами оказалась менее эффективной по сравнению с аналогичной схемой, предусматривающей использование ФП, содержание взвесей снизилось только на 21-38 %. При этом количество образовавшегося осадка в сусле после обработки вспомогательными материалами оказалось более высоким (на 3-10 %) (рис. 2).

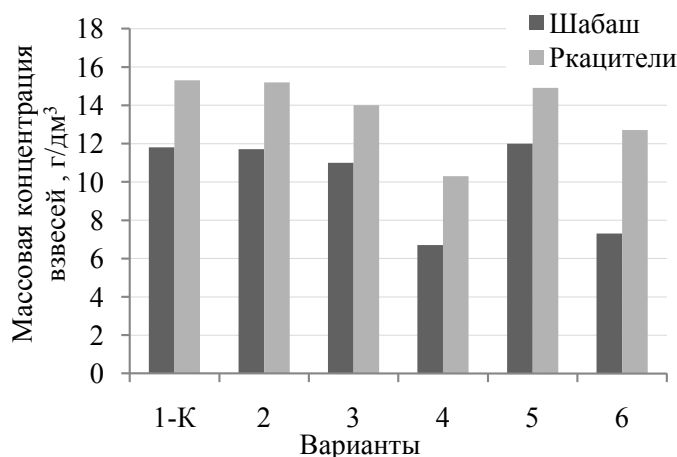


Рис. 1. Изменение массовой концентрации взвесей в сусле из винограда сортов Шабаш и Ркацители при обработках

Fig. 1. Change in the mass concentration of suspensions in the must of 'Shabash' and 'Rkatsiteli' grape varieties in the process of treatment

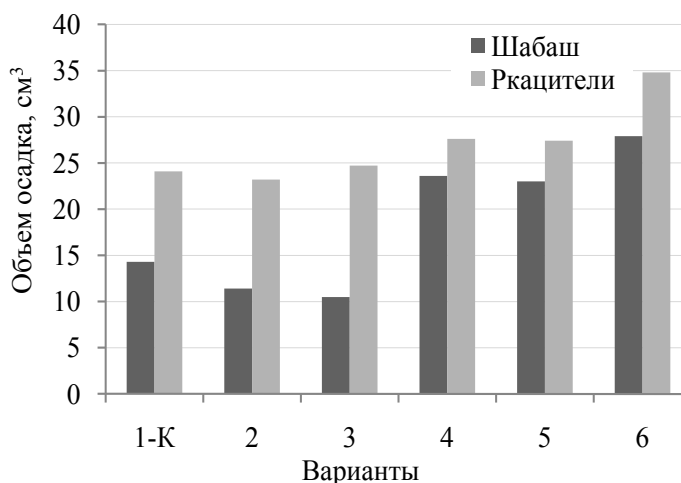


Рис. 2. Изменение объема осадка при обработке сусла из винограда сортов Шабаш и Ркацители

Fig. 2. Change in the volume of sediment in the process of treatment of the must of 'Shabash' and 'Rkatsiteli' grape varieties

Несмотря на то, что количество взвесей при обработке сусла только препаратом ФП практически не изменялось, объем образовавшегося при отстаивании осадка был ниже, а выход осветленной части сусла увеличился на 4-8 % по сравнению с контролем.

Осветление сусла сопровождалось также снижением массовой концентрации фенольных веществ, интенсивность которого зависела как от применения ФП, так и от функциональных свойств вспомогательных материалов. Наиболее существенное их уменьшение отмечено при комбинированных обработках ФП, энтожелатином совместно с бентонитом (на 4-9 %) (рис. 3).

Следует отметить, что влияние ФП на эффективность обработки было тем существеннее, чем более высоким было исходное содержание фенольных веществ в сусле, что очевидно связано с возрастанием интенсивности сорбционных процессов при снижении вязкости среды.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование при осветлении сусла ФП, полученного на основе *Kl. marxianus*, повышает эффективность процесса благодаря увеличению выхода сусла (в среднем, на 6 %), а также снижению массовой концентрации взвесей и объема осадка, способствуя его уплотнению.

Исследования виноматериалов показали, что обработка сусла ФП не оказала существенного влияния на их основные физико-химические показатели (объемную долю этилового спирта, величину рН, массовую концентрацию титруемых кислот, органических кислот и др.). Анализ потенциометрических характеристик виноматериалов не выявил существенных различий между опытными и контрольными образцами по состоянию их окисленности (рис. 4).

Важным вопросом остается изучение влияния ФП на содержание метанола, уровень которого в коньячном дистилляте лимитирован (не более 1 г/дм³).

Анализ показал, что при обработке сусла или мезги ФП, массовая концентрация метанола в виноматериалах и дистиллятах не превышала уровня контрольных образцов (рис. 5). Не выявлено существенных различий также и по ароматобrazующему составу виноматериалов и коньячных дистиллятов.

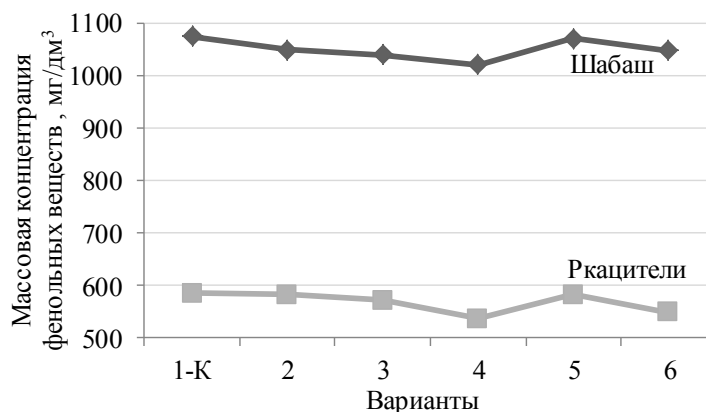


Рис. 3. Изменение массовой концентрации фенольных веществ при обработках пресовых фракций сусла из сортов винограда Шабаш и Ркацители

Fig. 3. Change in the mass concentration of phenolic substances in the process of treatment of the must press fractions of 'Shabash' and 'Rkatsiteli' grape varieties

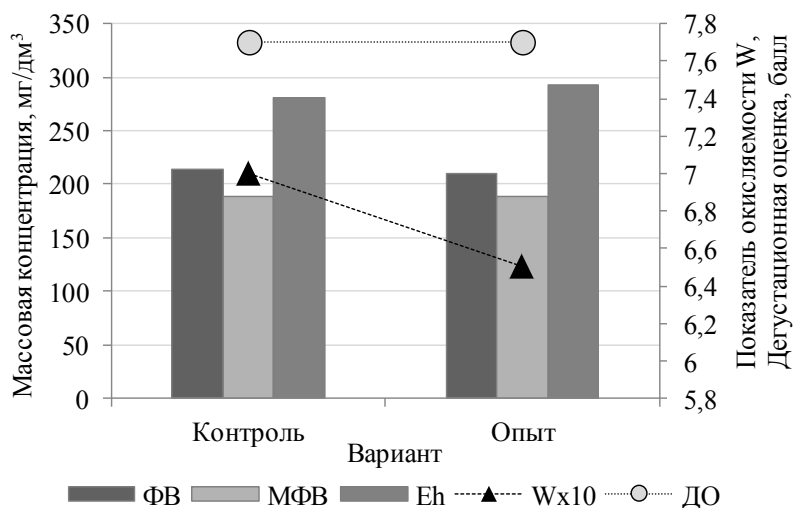


Рис. 4. Влияние обработки сусла ФП на массовую концентрацию фенольных веществ, мономерных форм, показатель окисляемости и дегустационную оценку виноматериалов (средние данные по всем сортам)

Fig. 4. Influence of the must processing with enzyme preparations on mass concentration of phenolic substances, monomeric forms, oxidation index and tasting assessment of wine materials (average data for all varieties)

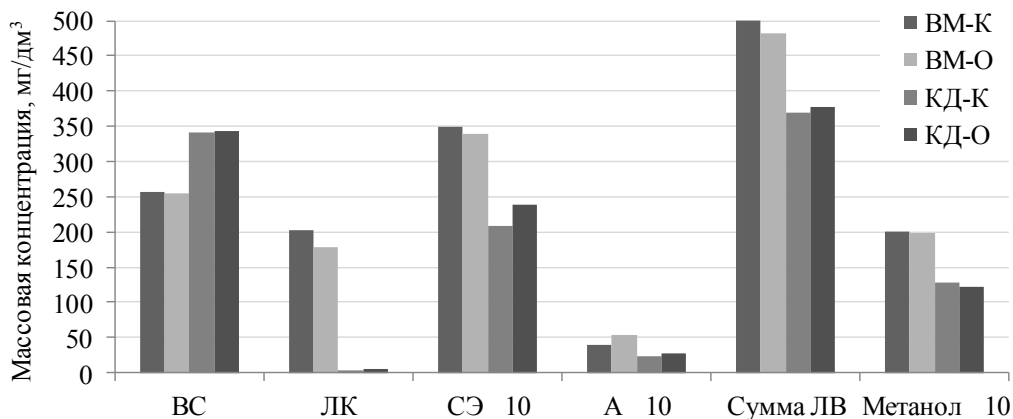


Рис. 5. Летучие компоненты виноматериалов (BM) и коньячных дистиллятов (КД): К - контроль (без обработки сусла ФП); О - опыт (с обработкой сусла ФП) (средние данные по всем сортам винограда)

Fig. 5. Volatile components of wine materials and brandy distillates: control (without processing of the must with enzyme preparation); O - test (with processing of the must with enzyme preparation) (average data for all grape varieties)

Выводы. Проведенные исследования показали, что эндополигалактуроназы дрожжей вида *Kl. marxianus* оказывают положительное влияние на процессы осветления и качество коньячных виноматериалов и дистиллятов, способствуют увеличению выхода сусла, снижению содержания взвесей и объема осадка. Проведена апробация опытного ферментного препарата, полученного при культивировании штамма дрожжей вида *Kl. marxianus* (III-360) из Коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» с высокой эндополигалактуроназной активностью, важным результатом которой явились новые научные данные о нейтральном влиянии препарата на образование метанола, а также ароматобразующий состав виноматериалов и коньячных дистиллятов. Установлена эффективность и целесообразность его использования в коньячном производстве с целью повышения выхода и качества сусла.

Источник финансирования

Работа выполняется в рамках Государственного задания Минобрнауки России № 0833-2019-0012.

Financing source

The study was conducted under public assignment № 0833-2019-0012.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Ottone C., Romero O., Aburto C., Illanes A., Wilson L. Biocatalysis in the winemaking industry: Challenges and opportunities for immobilized enzymes. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2020. No. 19. pp. 595-621. DOI: 10.1111/1541-4337.12538.
- Belda I., Conchillo L.B., Ruiz J., Navascués E., Marquina D., Santos A. Selection and use of pectinolytic yeasts for improving clarification and phenolic extraction in winemaking. *International Journal of Food Microbiology.* 2016. Vol. 223. pp. 1-8. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.003.
- Esteve-Zarzoso B., Manzanares P., Ramón D., Querol A. The role of non-Saccharomyces yeasts in industrial winemaking. *Internat'l Microbiol.* 1998. No. 1. pp. 143-148.
- Валуйко Г.Г., Зинченко В.И., Мехузла Н.А. Стабилизация виноградных вин. – Симферополь: Таврида, 2002. 208 с. Valuyko G.G., Zinchenko V.I., Mekhuzla N.A. Stabilization of grape wines. *Simferopol: Tavrida Publ.* 2002. 208 p. (*in Russian*).
- Агеева Н.М., Ильина И.А., Ненько Н.И., Якименко Е.Н., Прах А.В. Высокомолекулярные соединения в сусле новых сортов и клонов винограда // *Химия растительного сырья.* 2019. № 4. С. 97-103. DOI: 10.14258/jcprm.2019045123. Ageyeva N.M., Ilyina I.A., Nenko N.I., Yakimenko E.N., Prakh A.V. High-molecular compounds in the must of new varieties and clones of grapes. *Chemistry of plant materials.* 2019. No 4. pp. 97-103 (*in Russian*).
- Ненько Н.И., Ильина И.А., Сундырева М.А., Киселева Г.К., Запорожец Н.М., Схалыхо Т.В. Особенности адаптации межвидовых гибридов винограда к низкотемпературному стрессу в контролируемых условиях среды // *Садоводство и виноградарство.* 2015. № 6. С. 28-34. Nenko N.I., Ilyina I.A., Sundyreva M.A., Kiseleva G.K., Zaporozhets N.M., Skhalyakho T.V. Features of the adaptation of interspecific hybrids of grapes to low-temperature stress in controlled environment. *Horticulture and Viticulture.* 2015. No 6. pp. 28-34 (*in Russian*).
- Claudia Lara-Espinoza, Elizabeth Carvajal-Millán, René Balandrán-Quintana, Yolanda López-Franco, Agustín Rascón-Chu. Pectin and Pectin-Based Composite Materials: Beyond Food Texture. *Molecules.* 2018. 23, 942. 35 p. DOI: 10.3390/molecules23040942.
- Бареева Н.Н., Донченко Л.В. Оценка сортов винограда нового поколения как сырья для комплексной переработки // *Научный журнал КубГАУ.* 2006. № 18. С. 23-30. Bareyeva N.N., Donchenko L.V. Assessment of new generation grape varieties as raw materials for complex processing. *Scientific journal of KubGAU.* 2006. No. 18. pp. 23-30 (*in Russian*).
- Агеева Н.М., Аванесьянц Р.В. Биохимические особенности производства коньячных виноматериалов. Краснодар, 2011. 135 с. Ageyeva N.M., Avanesyants R.V. Biochemical features of the production of brandy wine materials. *Krasnodar.* 2011. 135 p. (*in Russian*).
- Агеева Н.М., Аванесьянц Р.В., Музыченко Г.Ф. Влияние способа брожения виноградного сусла на накопление высших спиртов в коньячных виноматериалах // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2013. № 24 (6). С. 115-122. Ageyeva N.M., Avanesyants R.V., Muzychenko G.F. Influence of fermentative methods of grape must on accumulation of higher alcohols in brandy wine materials. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia.* 2013. No. 24 (6). pp. 115-122 (*in Russian*).
- Агеева Н.М., Аванесьянц Р.В. Влияние ферментных препаратов нового поколения на биополимеры вина // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2017. № 46 (4). С. 129-140. Ageyeva N.M., Avanesyants R.V. Influence of ferment preparations of new generation on wine biopolymers. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia.* 2017. No. 46 (4). pp. 129-140 (*in Russian*).
- Агеева Н.М., Гугучкина Т.И., Ажогина В.А., Гребешова Р.Н., Виноградова Г.Л., Гапоненко В.В. Применение ферментных препаратов в виноделии для увеличения выхода сусла // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология.* 1995. № 5-6(228-229). С. 34-35. Ageyeva N.M., Guguchkina T.I., Azhogina V.A., Grebeshova R.N., Vinogradova G.L., Gaponenko V.V. Use of enzyme preparations in winemaking to increase the yield of the must. *News of higher educational institutions. Food technology.* 1995. No. 5-6 (228-229). pp. 34-35 (*in Russian*).
- Van Rensburg P., Pretorius I.S. Enzymes in winemaking: harnessing natural catalysts for efficient biotransformations. *South African Journal of Enology and Viticulture.* 2000. No. 21(1). pp. 52-73. DOI:10.21548/21-1-3558.
- Fia G., Olivier V., Cavagliani A., Canuti V., Zanoni B. Side activities of commercial enzyme preparations and their influence on the hydroxycinnamic acids, volatile compounds and nitrogenous components of white wine. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2016. No. 22. pp. 366-375. DOI: 10.1111/ajgw.12232.
- Blanco P.C., Sieiro C., Villa T.G. Production of pectic enzymes in yeasts. *FEMS Microbiol Lett.* 1999. No. 175(1). pp. 1-9. DOI:10.1111/j.1574-6968.1999.tb13595.x.
- Lane M.M., Morrissey J.P. *Kluyveromyces marxianus*: A yeast emerging from its sister's shadow. *Fungal Biology Reviews.* 2010. Vol. 24, Iss. 1-2. pp. 17-26. DOI: 10.1016/j.fbr.2010.01.001.

17. Наумова Е.С., Садькова А.Ж., Михайлова Ю.В., Наумов Г.И. Полиморфизм лактозных генов молочных дрожжей *Kluyveromyces marxianus*, потенциальных пробиотических микроорганизмов // Микробиология. 2017. Т. 86. № 3. С. 335-343.
Naumova E.S., Sadykova A.Zh., Mikhailova Yu.V., Naumov G.I. Polymorphism of lactose genes in the dairy yeasts *Kluyveromyces marxianus*, potential probiotic microorganisms. *Microbiology*. 2017. Vol. 86. No. 3. pp. 363-369 (*in Russian*).
18. Бутова С.Н., Стребков В.Б., Лыско К.А. Использование дрожевой полигалактуроназы при расщеплении пектина, полученного из отходов растительного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 5. С. 3.
Butova S.N., Strebkov V.B., Lysko K.A. Use of yeast polygalacturonase in the cleavage of pectin obtained from waste plant materials. Storage and processing of agricultural raw materials. 2005. No. 5. p. 3 (*in Russian*).
19. Rollero S., Zietsman A.J.J., Buffetto F., Schüchel J., Ortiz-Julien A., Divol B. *Kluyveromyces marxianus*. Secretes a Pectinase in Shiraz Grape Must That Impacts Technological Properties and Aroma Profile of Wine. *J Agric Food Chem*. 2018. No. 66 (44). pp. 11739-11747. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b03977.
20. Шаламитский М.Ю. Исследование эндо-полигалактуроназной активности разных видов дрожжей // Инновации в науке: сб. ст. по матер. XXXVII междунар. науч.-практ. конф. №9(34). Новосибирск: ибАК, 2014. 8 с.
Shalamitskiy M.Yu. Study in gendo-polygalacturonase activity of various yeasts species. *Innovations in science: Sat. Art. by mater. XXXVII Int. scientific-practical conf. No.9 (34)*. Novosibirsk: SibAK, 2014. 8 p. (*in Russian*).
21. Нгуен Ла Ань, Покровская С.С., Грачева И.М., Бутова С.К. Изучение и оптимизация условий культивирования, обеспечивающих максимальный уровень биосинтеза полигалактуроназы дрожжами *Zygodonosporamarxiana* ВКМ Y-848. Депон. в ВИНТИ. 1994. № 6.
Nguyen La An, Pokrovskaya S.S., Gracheva I.M., Butova S.K. Study and optimization of cultivation conditions that ensure the maximum level of polygalacturonase biosynthesis by the yeast *Zygodonosporamarxiana* ВКМ Y-848. Depot. At VINITI. 1994. No. 6 (*in Russian*).
22. Танащук Т.Н., Кишковская С.А., Иванова Е.В., Скорикова Т.К. Коллекция микроорганизмов виноделия. Каталог культур. Ялта: ФГБУН «ВННИИВиВ «Магарач» РАН», 2017. 174 с.
Tanaschuk T.N., Kishkovskaya S.A., Ivanova E.V., Skorikova T.K. Collection of microorganisms of winemaking. Catalogue of cultures. Yalta, FSBSI Magarach, 2017. 174 p. (*in Russian*).
23. Лифшиц Д.Б. Методы определения пектолитической активности препаратов плесневых грибов // Унификация методов определения активности ферментных препаратов производственного назначения. К.: Укр НИИТИ, 1967. 42 с.
Lifshits D.B. Methods for determining the pectolytic activity of mold preparations. Unification of methods for determining the activity of enzyme preparations for industrial purposes. K.: Ukr NIINTI, 1967. 42 p. (*in Russian*).
24. Датунашвили Е.Н., Тюрина С.С., Бутова Ф.М. Ферменты виноградной ягоды, гидролизующие высокомолекулярные углеводы // Физиология растений. 1977. Т. 24 (2). С. 285-290.
Datunashvili E.N., Tyurina S.S., Butova F.M. Enzymes of grape berry hydrolyzing high molecular weight carbohydrates. *Plant Physiology*. 1977. Vol. 24 (2), pp. 285-290 (*in Russian*).
25. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г. Гержиковой. – Симферополь: Таврида, 2009. 303 с.
Methods of techno-chemical control in winemaking. Edited by V.G. Gerzhikova. Simferopol: Tavrida Publ. 2009. 303 p. (*in Russian*).