УДК 663.241.048.004.12/.014

UDC 663.241.048.004.12/.014

DOI 10.30679/2219-5335-2022-1-73-285-295

DOI 10.30679/2219-5335-2022-1-73-285-295

**АКТИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ
ФЕРМЕНТОВ В ВИНОГРАДНОМ
СУСЛЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОМ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНЬЯЧНЫХ
ВИНОМАТЕРИАЛОВ**

**ACTIVITY OF OXIDATIVE
ENZYMES IN GRAPE MUST
INTENDED FOR THE PRODUCTION
OF BRANDY WINE
MATERIALS**

Агеева Наталья Михайловна
д-р техн. наук, профессор
главный научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: ageyeva@inbox.ru

Ageyeva Natalia Mikhailovna
Dr. Sci. Tech., Professor
Chief Research Associate
of CS «Wine-making»
e-mail: ageyeva@inbox.ru

Тихонова Анастасия Николаевна
канд. техн. наук,
заведующая лабораторией виноделия,
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru

Tikhonova Anastasia Nikolaevna
Cand. Tech. Sci.
Head of Wine Laboratory,
Senior Research Associate
of CS «Wine-making»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru

Чемисова Лариса Эдуардовна
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: nognichenko@mail.ru

Chemisova Larisa Eduardovna
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: nognichenko@mail.ru

Шелудько Ольга Николаевна
д-р техн. наук, доцент
заведующая НЦ «Виноделие»
e-mail: scheludcko.olga@yandex.ru

Sheludko Olga Nikolaevna
Dr. Sci. Tech., Docent
Head of SC «Wine-making»
e-mail: scheludcko.olga@yandex.ru

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

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

Исследована активность
окислительных ферментов – пероксидазы
и ортодифенолоксидазы – в свежеежатом
сусле различных сортов винограда,
произрастающих в Темрюкском и Анапском
районах Краснодарского края
и предназначенных для производства
коньячных виноматериалов. Сусло
сбраживали спонтанной микрофлорой,

The activity of oxidative enzymes –
peroxidase and orthodiphenol oxidase
in fresh grape must has been studied.
Grapes grown in the Temryuk
and Anapa districts of the Krasnodar
region were used. Grapes are intended
for the production of brandy wine
materials. The must was fermented
with spontaneous microflora,

полученный коньячный виноматериал подвергали фракционной перегонке с получением коньячного дистиллята. Выявлено, что активность окислительных ферментов варьирует в зависимости от сорта винограда и места его произрастания. Прослеживается различие активности ортодифенолоксидазы и пероксидазы в зависимости от сорта винограда: в классических сортах она меньше в сравнении с гибридными. Наибольшее значение величины активности ОВ-ферментов выявлено в виноградном сусле сорта Левокумский независимо от места его произрастания. Обработка сусла бентонитом привела к более существенному снижению активности окислительных ферментов в сравнении с поливинилполипирролидоном и осветлением сусла на холоде. Наиболее эффективным технологическим приёмом оказалась совместная технологическая обработка виноградных сусел бентонитом и поливинилполипирролидоном. Обработка сусла перед его сбраживанием способствует снижению активности Окислительных ферментов и получению Коньячных дистиллятов с гармоничным сочетанием ароматобразующих компонентов. В коньячных виноматериалах, произведенных из обработанного виноградного сусла, снижается концентрация ацетальдегида, ацетона, фурфурола, метанола, ряда высших спиртов, то есть тех компонентов, которые снижают качество и безопасность коньячных дистиллятов. Коньячные дистилляты, произведенные из обработанных виноградных сусел, имели более высокую органолептическую оценку.

Ключевые слова: ВИНОГРАДНОЕ СУСЛО, ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ФЕРМЕНТЫ, КОНЬЯЧНЫЕ ДИСТИЛЛЯТЫ, АРОМАТОБРАЗУЮЩИЕ КОМПОНЕНТЫ

the resulting brandy wine material was subjected to fractional distillation to obtain brandy distillate.

It was revealed that the activity of oxidative enzymes varies depending on the grape variety and the place of its growth. There is a difference in the activity of orthodiphenol oxidase and peroxidase depending on the grape variety: in classical varieties it is less in comparison with hybrid ones.

The greatest value of the activity of redox enzymes was found in the grape must of the Levokumskiy variety, regardless of its place of growth.

The treatment of the must with bentonite led to a more significant decrease in the activity of oxidative enzymes in comparison with polyvinylpolypyrrolidone and clarification of the must in the cold.

The most effective processing method was the joint technological treatment of grape must with bentonite and polyvinylpolypyrrolidone.

The processing of the must Before its fermentation helps to reduce the activity of oxidative enzymes and to obtain brandy distillates with a harmonious combination of aroma-forming components. In brandy distillates produced from processed grape must, the concentration of acetaldehyde, acetoin, furfural, methanol, a number of higher alcohols decreases, i.e. those components that reduce the quality and safety of brandy distillates.

Brandy distillates produced from processed grape must had a higher organoleptic rating.

Key words: GRAPE MUST, OXIDATIVE ENZYMES, BRANDY DISTILLATES, AROMA-FORMING COMPONENTS

Введение. Многолетние наблюдения [1-5] показали, что одной из особенностей интродуцированных и новых гибридных сортов винограда

является их окисляемость, вызванная высокой активностью окислительно-восстановительных ферментных систем – оксидаз. При этом уровень активности оксидаз зависит как от сортовых особенностей винограда, так и от агротехнических мероприятий [6]. При этом важное значение имеют концентрации в винограде таких компонентов, которые являются субстратом для деятельности оксидаз. К их числу относятся фенольные соединения, аскорбиновая кислота и др. Реакции окисления полифенолов катализируются ортодифенолоксидазой (ОДФО) и пероксидазой, аскорбиновой кислоты – аскорбатоксидазой [7-9].

Полифенолы под действием о-дифенолоксидазы окисляются до хинонов [10-12]. Имеющаяся в сусле аскорбиновая кислота восстанавливает хиноны вновь до полифенолов. После окисления всей аскорбиновой кислоты в сусле накапливается некоторое количество хинонов, которые могут окисляться дальше и давать продукты конденсации, имеющие буровато-коричневую окраску [13-15]. При этом сусло буреет и при последующем сбраживании дает вино пониженного качества. Кроме того, окисление компонентов сусла может привести к изменению состава ароматобразующего комплекса виноматериалов, в том числе коньячных [16, 17].

Цель работы – исследовать активность окислительных ферментов – пероксидазы и ортодифенолоксидазы – в свежееотжатом сусле различных сортов винограда, произрастающих в Темрюкском и Анапском районах Краснодарского края и предназначенных для производства коньячных виноматериалов.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследований использовали свежееотжатое виноградное сусло винограда сортов Алиготе (контроль), Первенец Магарача, Рислинг, Левокумский, Подарок Магарача, Бианка, использованное для производства коньячных виноматериалов. Сусло сбраживали спонтанной микрофлорой, полученный коньячный

виноматериал подвергали фракционной перегонке с получением коньячного дистиллята. Активность ортодифенолоксидазы определяли колориметрическим методом по изменению окраски раствора пирокатехина после его ферментации при температуре 37 °С в течение 2-х часов [18]. Активность пероксидазы определяли фотометрическим методом по методике [19]. Состав ароматообразующих компонентов коньячных дистиллятов устанавливали с помощью газожидкостной хроматографии на приборе «Кристалл 2000». Исследования проведены на базе научного центра «Виноделие» и ЦКП «Приборно-аналитический» ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Обсуждение результатов. Проведенные исследования (табл. 1) показали, что активность окислительных ферментов варьирует в зависимости от сорта винограда и места его произрастания.

Таблица 1 – Активность окислительных ферментов виноградного сусла в зависимости от сорта винограда и места его произрастания

Наименование сорта винограда	Темрюкский район		Анапский район	
	Активность ферментов, усл. ед.			
	ОДФО	пероксидаза	ОДФО	пероксидаза
Алиготе	0,32-0,48	1,12-1,35	0,27-0,44	0,88-0,95
Рислинг	0,29-0,38	0,98-1,22	0,24-0,34	0,82-0,94
Первенец Магарача	0,42-0,58	1,23-1,37	0,35-0,42	1,12 -1,24
Подарок Магарача	0,44-0,56	1,36-1,54	0,38-0,52	1,18-1,32
Бианка	0,38-0,52	1,23-1,47	0,36-0,48	1,18-1,40
Лекокумский	0,48-0,84	1,52-1,68	0,44-0,64	1,38-1,52

Установлено, что активность обоих исследованных окислительных ферментов в виноградном сусле Темрюкского района была выше в сравне-

нии с Анапским. Возможно, это связано с различными почвенно-климатическими условиями, интенсивностью солнечной инсоляции.

Прослеживается различие активности ОДФО и пероксидазы в зависимости от сорта винограда: в классических сортах она меньше в сравнении с гибридными, что согласуется с полученными нами ранее экспериментальными данным [20]. Наибольшее значение величины активности ОВ-ферментов выявлено в виноградном сусле сорта Левокумский независимо от места его произрастания. Далее следуют Первенец Магарача и Подарок Магарача, имевшие близкие значения активности ферментов.

В связи с этим для профилактики образования хинонов и покоричнения коньячных виноматериалов необходимо применение профилактических обработок виноградного сусла.

Учитывая невозможность применения диоксида серы в технологии коньячных виноматериалов, исследования возможность снижения активности окислительных ферментов с помощью различных технологических обработок:

- суспензией бентонита (винобентум голд (ВГ), Россия) в дозировке 0,2 и 0,5 г/дм³;
- осветлением на холоде при температуре 8-12 °С в течение 12-16 часов;
- поливинилполипирролидоном (ПВПП), г/дм³;
- ПВПП совместно с суспензией ВГ.

Выбор указанных технологически обработок объясняется следующим. Окислительные ферменты представляют собой белки. Следовательно, для их удаления могут быть использованы сорбенты белков, например, глинистые минералы, а также снижение температуры. Активность ОДФО связана с наличием лабильных фракций фенольных соединений, снижение концентраций которых в сусле может положительно сказаться на активности окислительных процессов.

Проведенные исследования (табл. 2) показали, обработка сусла бентонитом привела к более существенному снижению активности окислительных ферментов в сравнении с ПВПП и осветлением сусла на холоде. Наиболее эффективным технологическим приёмом оказалась совместная технологическая обработка виноградных сусел бентонитом и ПВПП.

Полученные данные показали, что активность ОДФО снижается более существенно, чем пероксидазы. Это позволяет считать, что даже после комплексных обработок сусел в них остаются свободные частицы кислорода, которые могут активировать дальнейшие окислительные реакции с целью сохранения компонентов ароматобразующего комплекса дистиллятов.

Таблица 2 – Влияние технологических обработок на активность окислительных ферментов

Сорт винограда	Технологическая обработка					
	до обработки	ВГ, 0,2 г/дм ³	ВГ, 0,5 г/дм ³	холод	ПВПП	ПВПП + ВГ
Активность ОДФО, усл.ед.						
Алиготе	0,21	0,10	0,06	0,14	0,12	0,03
Подарок Магарача	0,32	0,18	0,12	0,21	0,18	0,08
Первенец Магарача	0,34	0,16	0,09	0,18	0,16	0,06
Бианка	0,28	0,14	0,06	0,12	0,09	0,03
Активность пероксидазы, усл.ед.						
Алиготе	0,38	0,16	0,10	0,24	0,22	0,08
Подарок Магарача	0,48	0,30	0,16	0,32	0,32	0,12
Первенец Магарача	0,48	0,34	0,16	0,28	0,32	0,14
Бианка	0,44	0,33	0,18	0,24	0,28	0,14

Среди ученых и специалистов коньячной отрасли по-прежнему нет единого мнения о необходимости проведения обработок виноградных сусел, предназначенных для производства коньячных дистиллятов. Многие считают, что обработка сусла приведет к снижению концентрации тех компонентов, из которых при брожении образуются летучие примеси коньячных дистиллятов. Их оппоненты утверждают, что при обработках сорбентами удаляются химические соединения, нарушающие или снижающие качество дистиллятов, в том числе окислительные ферменты.

В связи с этим проведены исследования влияния обработки сусла на состав ароматобразующих соединений коньячных дистиллятов.

Необработанные образцы сусла и обработанные смесью ВГ+ПВПП были сброжены в одинаковых условиях. В полученных коньячных виноматериалах определили концентрации летучих компонентов (табл. 3).

Полученные результаты показали, что в коньячных виноматериалах, произведенных из обработанного виноградного сусла, снижается концентрация ацетальдегида, ацетоина, фурфурола, метанола, ряда высших спиртов, т.е. тех компонентов, которые снижают качество и безопасность коньячных дистиллятов. Это объясняется тем, что с помощью комплексной обработки была снижена концентрация компонентов-предшественников, в частности, полисахаридов, при гидролизе которых образуется метиловый спирт, аминокислот – предшественников высших спиртов, а также окислительных ферментов, под действием которых образуются ацетальдегид, ацетоин и другие примеси.

Увеличилась концентрация эфиров, в том числе метилкаприлата, изоамилацетата (цитрусовые тона), изобутилацетата (фруктово-цветочные тона), этилбутирата, этилкаприалата, этилкаприната, этиллактата, этиловых эфиров жирных кислот – компонентов энантиомерного эфира.

Отмечено снижение концентрации летучих кислот, в том числе масляной и пропионовой.

Таблица 3 – Состав ароматобразующих компонентов, мг/дм³,
молодых коньячных дистиллятов

Компонент	Алиготе		Первенец Магарача		Бианка	
	необр.	обработ.	необр.	обработ.	необр.	обработ.
1	2	3	4	5	6	7
Ацетальдегид	94,0	61,8	120,2	88,2	120,0	96,5
Ацетоин	2,7	нет	3,1	0,7	2,1	0,6
Фурфурол	6,2	1,2	6,0	4,4	4,9	4,0
Метилацетат	3,4	3,0	4,5	3,5	2,3	1,7
Этилацетат	342	278	352	298	324	273
Метилкаприлат	11,4	16,8	11,6	14,1	10,8	15,2
Изоамилацетат	0,26	1,28	нет	1,12	нет	0,76
Изобутилацетат	6,4	11,8	1,2	5,3	0,8	3,7
Этилбутират	0,5	1,7	нет	5,4	нет	2,7
Этилкаприлат	9,2	14,6	3,0	8,4	5,7	10,4
Этиллактат	11,1	18,6	6,0	12,8	5,7	11,6
Этилмиристат	1,3	3,2	нет	2,9	нет	3,1
Этилпальмитат	1,6	3,0	нет	1,8	0,2	1,1
Этилстеарат	нет	0,51	нет	0,32	нет	0,41
Этилпеларгонат	нет	0,57	нет	0,43	нет	0,31
Метилкапринат	2,1	2,8	нет	1,5	нет	1,3
Этилкапринат	1,5	3,6	нет	1,7	нет	2,1
Этилацеталь	32,1	36,4	13,5	17,8	15,7	22,8
Метанол	388	288	517	364	463	331
2-бутанол	0,72	0,64	1,3	0,78	1,6	1,4
1-пропанол	287	246	334	272	251	216
Изобутанол	275	248	306	264	308	256
1-бутанол	4,7	1,2	6,1	4,2	7,3	4,1
Изоамилол	540	376	612	534	618	521
1-амилол	1,0	нет	1,4	0,7	1,2	0,7
1-гексанол	43,8	37,2	41,4	35,1	46,4	41,2
Фенилэтанол	6,8	14,8	3,6	17,0	3,8	18,0
Линалоол	0,52	0,68	0,56	0,76	0,27	0,43
Каприновый альдегид	нет	4,1	нет	3,7	нет	2,7
Кислоты						
Уксусная	246	221	277	254	282	257
Изомасляная	4,1	4,3	7,2	7,5	7,5	7,7
Масляная	2,8	нет	1,5	0,5	0,7	нет
Изовалериановая	1,7	2,1	нет	1,2	0,3	нет
Пропионовая	0,8	нет	0,5	нет	0,4	нет
Дегустационная оценка, балл	7,7	8,2	7,5	7,7	7,6	7,9

Такие изменения в составе ароматобразующих компонентов отразились на величине дегустационной оценки: коньячные дистилляты, произведенные из обработанных виноградных сусел, имели более высокую оценку.

Проведенная статистическая обработка экспериментальных данных показала взаимосвязь между дегустационной оценкой и увеличением концентрации суммы эфиров ($r = 0,63$), эфиров жирных кислот ($r = 0,61$), снижением концентрации ацетальдегида ($r = - 0,52$).

Выводы. Таким образом, представленные экспериментальные данные свидетельствуют о влиянии сорта винограда и места его произрастания на активность окислительных ферментов в виноградном сусле. Показано, что обработка сусла перед его сбраживанием способствует снижению активности окислительных ферментов и получению коньячных дистиллятов с гармоничным сочетанием ароматобразующих компонентов.

Литература

1. Агеева Н.М., Марковский М.Г., Прах А.В., Якименко Е.Н. Активность окислительно-восстановительных ферментов в сусле и виноматериалах из винограда новых сортов // Известия ВУЗов. Пищ. технология. 2018. №2-3 (362-363). С. 31-35
2. Чурсина О.А. Роль сорта винограда в формировании качества коньячных виноматериалов и дистиллятов // Магарах». Виноградарство и виноделие. 2020. 22(4). С. 362-367.
3. Оселедцева И.В., Кирпичева Л.С. Оценка степени влияния сортового фактора на варьирование параметров состава легколетучей фракции коньячных виноматериалов и молодых коньячных дистиллятов // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1 (17). С. 246-252.
4. Соколин Р.А., Христюк В.Т. Сравнительный анализ химического состава выдержанных коньячных дистиллятов из сортов Первенец Магарача и Рисус таманский агроэкологической зоны с различной сахаристостью // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2018. № 136. С. 157-168.
5. Чурсина О.А., Легашева Л.А., Простак М.Н. Влияние технологических приемов производства коньячных дистиллятов на их состав и качество [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 34(4). С. 113-126. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/04/10.pdf>. (дата обращения: 22.12.2021).
6. Asgarian Z.S., Karimi R., Ghabooli M., Maleki M. Biochemical changes and quality characterization of cold-stored 'Sahebi' grape in response to postharvest application of GABA // Food Chemistry. – 2022. – V.373, P. A. – 131401
7. Fang F., Zhang X.L., Luo H.H., Zhou J.J., Gong Y.H., Li W.J. An intracellular laccase is responsible for epicatechin-mediated anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp // Plant Physiology. – 2015. – 169 (4). – pp. 2391-2408.

8. Chassy A.W., Bueschl C., Lee H., Lerno L., Oberholster A., Barile D. Tracing flavonoid degradation in grapes by MS filtering with stable isotopes // Food Chemistry. 2015. – 166. – pp. 448-455.
9. Gouot J.C., Smith J.P., Holzapfel B.P., Walker A.R., Barril C. Grape berry flavonoids: A review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures // Journal of Experimental Botany. 2019. – 70 (2). – pp. 397-423
10. Butnariu M., Butu A. The Evolution and the Development Phases of Wine Alcoholic Beverages // V.7: The Science of Beverages. – 2019. – P.303-345.
11. Fronk P., Hartmann H., Bauer M., Solem E., Jaenicke E., Tenzer S., Decker H. Polyphenoloxidase from Riesling and Dornfelder wine grapes (*Vitis vinifera*) is a tyrosinase // Food Chemistry. – 2015. – V.183. – pp.49-57.
12. Xie S., Liu Y., Chen H., Zhanga Z., Ge M. Anthocyanin degradation and the underlying molecular mechanism in a red-fleshed grape variety // LWT. – 2021. – V.151. – 112198.
13. Fortea M.I., López-Miranda S., Serrano-Martínez A., Carreño J., Núñez-Delicado E. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of polyphenol oxidase and peroxidase from table grape (Crimson Seedless) // Food Chemistry. – 2009. – V. 113, I.4. – P. 1008-1014.
14. Nikolantonaki M., Magiatis P., Waterhouse A.L. Measuring protection of aromatic wine thiols from oxidation by competitive reactions vs wine preservatives with orthoquinones // Food Chemistry. 2014. – 163. – pp. 61-67.
15. Li H., Guo A., Wang H. Mechanisms of oxidative browning of wine // Food Chemistry. – 108. – pp. 1-13.
16. C. Queiroz, M.L. Mendes-Lopes, E. Fialho, V.L. Valente-Mesquita Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control // Food Reviews International. – 2008. – 24. pp. 361-375.
17. Oliveira C.M., Silva-Ferreira A.C., De Freitas V., Silva A.M.S. Oxidation mechanisms occurring in wines // Food Research International. – 2011. – 44. – pp. 1115-1126.
18. Польшалина Г.В., Чередниченко В.С., Римарева Л.В. Определение активности ферментов. М: ДеЛи принт, 2003. 375 с.
19. Новиков Н.И., Тараканова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений. М: РГАУ-МСХА. 2014. 194 с.
20. Агеева Н.М., Тихонова А.Н., Бирюков А.П. Влияние ферментных препаратов на ароматобразующие компоненты красных столовых вин // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 2 (33). С. 251-260.

References

1. Ageeva N.M., Markovskij M.G., Prah A.V., Yakimenko E.N. Aktivnost' okislitel'no-vosstanovitel'nyh fermentov v susle i vinomaterialah iz vinograda novyh sortov // Izvestiya VUZov. Pishch. tekhnologiya. 2018. №2-3 (362-363). S. 31-35
2. Chursina O.A. Rol' sorta vinograda v formirovanii kachestva kon'yachnyh vinomaterialov i distillyatov // Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2020. 22(4). S. 362-367.
3. Oseledceva I.V., Kirpicheva L.S. Ocenka stepeni vliyaniya sortovogo faktora na var'irovanie parametrov sostava legkoletuchej frakcii kon'yachnyh vinomaterialov i molodyh kon'yachnyh distillyatov // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 1 (17). S. 246-252.
4. Sokolin R.A., Hristyuk V.T. Sravnitel'nyj analiz himicheskogo sostava vyderzhan-nyh kon'yachnyh distillyatov iz sortov Pervenec Magaracha i Risus tamanskij agroekologicheskoy zony s razlichnoj saharistost'yu // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU. 2018. № 136. S. 157-168.

5. Chursina O.A., Legasheva L.A., Prostack M.N. Vliyanie tekhnologicheskikh primenov proizvodstva kon'yachnykh distillyatov na ih sostav i kachestvo [Elektronnyj resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2015. № 34(4). S. 113-126. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/04/10.pdf>. (data obrashcheniya: 22.12.2021).
6. Asgarian Z.S., Karimi R., Ghabooli M., Maleki M. Biochemical changes and quality characterization of cold-stored 'Sahebi' grape in response to postharvest application of GABA // Food Chemistry. – 2022. – V.373, P. A. – 131401
7. Fang F., Zhang X.L., Luo H.H., Zhou J.J., Gong Y.H., Li W.J. An intracellular laccase is responsible for epicatechin-mediated anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp // Plant Physiology. – 2015. – 169 (4). – pp. 2391-2408.
8. Chassy A.W., Bueschl C., Lee H., Lerno L., Oberholster A., Barile D. Tracing flavonoid degradation in grapes by MS filtering with stable isotopes // Food Chemistry. 2015. – 166. – pp. 448-455.
9. Gouot J.C., Smith J.P., Holzapfel B.P., Walker A.R., Barril C. Grape berry flavonoids: A review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures // Journal of Experimental Botany. 2019. – 70 (2). – pp. 397-423
10. Butnariu M., Butu A. The Evolution and the Development Phases of Wine Alcoholic Beverages // V.7: The Science of Beverages. – 2019. – P.303-345.
11. Fronk P., Hartmann H., Bauer M., Solem E., Jaenicke E., Tenzer S., Decker H. Polyphenoloxidase from Riesling and Dornfelder wine grapes (*Vitis vinifera*) is a tyrosinase // Food Chemistry. – 2015. – V.183. – pp.49-57.
12. Xie S., Liu Y., Chen H., Zhanga Z., Ge M. Anthocyanin degradation and the underlying molecular mechanism in a red-fleshed grape variety // LWT. – 2021. – V.151. – 112198.
13. Fortea M.I., López-Miranda S., Serrano-Martínez A., Carreño J., Núñez-Delicado E. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of polyphenol oxidase and peroxidase from table grape (Crimson Seedless) // Food Chemistry. – 2009. – V. 113, I.4. – P. 1008-1014.
14. Nikolantonaki M., Magiatis P., Waterhouse A.L. Measuring protection of aromatic wine thiols from oxidation by competitive reactions vs wine preservatives with orthoquinones // Food Chemistry. 2014. – 163. – pp. 61-67.
15. Li H., Guo A., Wang H. Mechanisms of oxidative browning of wine // Food Chemistry. – 108. – pp. 1-13.
16. C. Queiroz, M.L. Mendes-Lopes, E. Fialho, V.L. Valente-Mesquita Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control // Food Reviews International. – 2008. – 24. pp. 361-375.
17. Oliveira C.M., Silva-Ferreira A.C., De Freitas V., Silva A.M.S. Oxidation mechanisms occurring in wines // Food Research International. – 2011. – 44. – pp. 1115-1126.
18. Polygalina G.V., Cherednichenko V.S., Rimareva L.V. Opređenje aktivnosti fermentov. M: DeLi print, 2003. 375 s.
19. Novikov N.I., Tarakanova T.V. Laboratornyj praktikum po biohimii rastenij. M: RGAU-MSHA. 2014. 194 s.
20. Ageeva N.M., Tihonova A.N., Biryukov A.P. Vliyanie fermentnykh preparatov na aromatobrazuyushchie komponenty krasnykh stolovykh vin // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2020. T. 10. № 2 (33). S. 251-260.