

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МИКРООКСИДАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ БЕЛЫХ И КРАСНЫХ ВИН

Агеева Н.М., *д-р техн. наук*, Шелудько О.Н., *д-р техн. наук*,
Тихонова А.Н., *канд. техн. наук*, Прах А.В., *канд. с.-х. наук*,
Якименко Е.Н., *канд. с.-х. наук*

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

Реферат. Исследовано влияние микрооксидации на физико-химические и органолептические показатели вин. Установлено положительное влияние микрооксидации на качество красного вина из сорта винограда Достойный, а также белого ликерного вина из сорта винограда Бархатный. Установлены оптимальные дозировки кислорода: для красного – 4–6 мг/дм³, для белого ликерного – 4–8 мг/дм³. Показано, что применение микрооксидации способствует улучшению органолептических показателей вин, приобретению нарядной окраски и яркого аромата.

Ключевые слова: микрооксидация, белые и красные вина, цветовые характеристики, органолептическая оценка

Summary. The effect of microoxidation on the physicochemical and organoleptic parameters of wines has been studied. The positive effect of microoxidation on the quality of red wine from the Dostoynyi grape variety, as well as white liqueur wine from the Barkhatnyi grape variety, has been established. The optimal dosages of oxygen have been established. The dosage is 4–6 mg/dm³ for red wine. The dosage is 4–8 mg/dm³ for white liqueur wine. It is shown that the use of microoxidation helps to improve the organoleptic characteristics of wines, the acquisition of elegant color and bright aroma.

Key words: microoxidation, white and red wines, color characteristics, organoleptic evaluation

Введение. В процессе проведения многочисленных исследований неоднократно отмечалось, что многие вина, особенно из межвидовых и внутривидовых гибридов, быстро окисляются и приобретают при хранении рыжие или гранатовые оттенки [1]. При окислении образуются осадки, в которых идентифицируются окисленные фракции фенольных соединений (конденсированные полифенолы). Еще в 90-е года прошлого столетия французским виноделом Патриком Дюкурно для пролонгирования окисленности было рекомендовано окисление сусла или вина небольшими порциями кислорода (микрооксидация, или микрооксигенация, или микробулляж) при производстве вин из винограда сорта Таннат, которому свойственно наличие очень жёстких фенольных растительных соединений, именуемых танинами [2–4].

Контролируемое количество кислорода позволяет осуществить полимеризацию (связывание) этих жёстких фенолов, делая их менее вяжущими на вкус. Микрооксидация также помогает стабилизировать цвет вина за счёт полимеризации антоцианов (красящих пигментов кожицы винограда). Помимо этого, микрооксидация может использоваться для стимуляции активного развития дрожжей в процессе сбраживания сусла.

В настоящее время специалисты отрасли по-разному относятся к необходимости проведения микрооксидации. Считается, что введение кислорода приведет к окислению части компонентов вина, что вызовет изменение окраски и разрушение ароматических веществ. Напротив, по мнению других специалистов, суть микрооксидации заключается в

развитии в вине вторичных ароматов и вкусов, добавлении вину тельности, структуры, сложности. Химически это достигается путем ввода контролируемого количества кислорода в контакт с готовящимся вином. При этом особую важность и значение приобретает контроль, чтобы избежать переокисления.

Традиционно для получения высококачественных вин проводится выдержка в дубе, которая повышает органолептические характеристики вина. В основном выдержка вина в дубе позволяет вину приобрести такие важные качества как комплексный аромат, стабильность цвета и естественное осветление. Микрооксидация может служить альтернативным методом, имитирующим выдержку вина в дубовых бочках. В результате данного подхода можно получить вино с схожими органолептическими характеристиками за меньшие деньги и в более короткий срок нежели при выдержке вина в дубе.

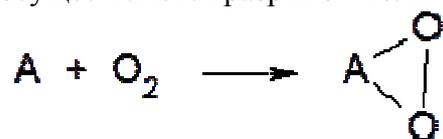
Технологически микрооксидация осуществляется путём нагнетания кислородной газовой смеси через пористый аэратор в резервуар с вином на разных стадиях процесса брожения:

- на первых стадиях ферментации контролируемый доступ кислорода позволяет избежать спонтанной остановки брожения;
- после окончания брожения микрооксидация имитирует традиционный процесс выдержки в дубовых кадках, даже если вино остаётся в стальных ферментационных резервуарах;
- в процессе ферментации кислород также поддерживает жизнеспособность дрожжей.

Положительное влияние микрооксидации на качество вина заключается в следующем [4, 5]:

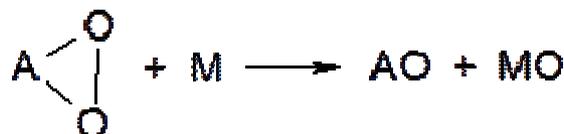
- смягчение танинов;
- общее улучшение органолептических качеств вина.
- предотвращение возникновения нежелательных посторонних запахов;
- фиксация цвета.

Согласно общепризнанной перекисной теории А.Н. Баха, фенольные вещества, катализируемые железом или окислительными ферментами, являются идеальными переносчиками кислорода (оксигеназами). При этом переход инертного молекулярного кислорода ($O=O$) в активное состояние осуществляется разрывом только одной связи:



где А – оксигеназа (легкоокисляемое вещество).

На втором этапе образовавшиеся перекиси (AO_2) свободно окисляют трудноокисляемые вещества (М):



Этот процесс является необратимым и лежит в основе неферментативного окисления спиртов, аминокислот, других соединений вина во время его созревания.

Современное технологическое оборудование позволяет получать вино практически без катионов железа и меди. Следовательно, при окислительных реакциях наибольшим изменениям будут подвергаться не катионы металлов, а органические кислоты, аминокислоты, фенольные соединения, образующие отдельные окислительные системы.

Микрооксидация также может быть причиной некоторых негативных процессов [3, 6]. К примеру, если кислород подается слишком быстро, то может появиться окислен-

ный тон, начаться побурение вина и выпадение осадков. Оксидация также может стать причиной появления высокого содержания ацетальдегида, который негативно влияет на качество вина, и некоторые потребители могут оценить его как испорченное. Поэтому в процессе микрооксидации очень важно мониторить количество ацетальдегидов. При этом необходимо помнить, что окисление вина может протекать по различным схемам:

– окисление фенольных соединений: мономерные фенольные вещества, представленные коричной, кафтаровой и кумаровой кислотами, окисляются и трансформируются в дифенолы, которые затем окисляются до коричнево окрашенных хинонов. Хиноны являются сильными окислителями, вызывающими окисление и полимеризацию других веществ, например, флаваноидов, что приводит к дальнейшему увеличению интенсивности коричневой окраски;

– окисление жирных кислот: механизм окисления жирных кислот связан с действием четырех эндогенных ферментов: ацетилгидролаза выделяет жирные кислоты из жироподобных веществ мембран растительных клеток, затем липоксигеназа катализирует фиксацию молекул кислорода на этих ненасыщенных (С 18) жирных кислот. Эти ферменты формируют гидроксипероксиды (С13) преимущественно из линолевой и линоленовых кислот, гидроксипероксиды расщепляются до шестиатомных альдегидов, которые под действием алкогольдегидрогеназы винограда расщепляются до спиртов, обладающих интенсивным травянисто-овощным запахом и горьким вкусом.

Цель работы – установить влияние микрооксидации на качество красных и белых вин.

Объекты и методы исследований. Объекты исследований – красные сорта винограда Достойный и Каберне Совиньон (контроль), из которых производили красные вина. Микрооксидацию проводили в период брожения мезги. Дозировка кислорода составляла 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 мг/дм³ бродящей среды в сутки. Кислород вводили ежедневно в течение основного брожения (10 суток). Его дозировку устанавливали весовым способом. Белое ликерное вино готовили из сорта винограда Бархатный.

Для проведения микрооксидации применяли установку, схема которой приведена на рис. 1. В процессе микрооксидации через диффузор происходит непрерывная подача кислорода в небольшом контролируемом количестве. Диффузор позволяет медленно и продолжительно подавать в вино несколько миллилитров кислорода на литр в месяц, что ведет к фенольным изменениям в вине без негативных последствий. На микрооксигенераторе выставляется необходимая дозировка подачи кислорода, который через патрубок и керамическую свечу подается в емкость с вином в виде небольших пузырьков. Эти пузырьки мгновенно растворяются в вине.

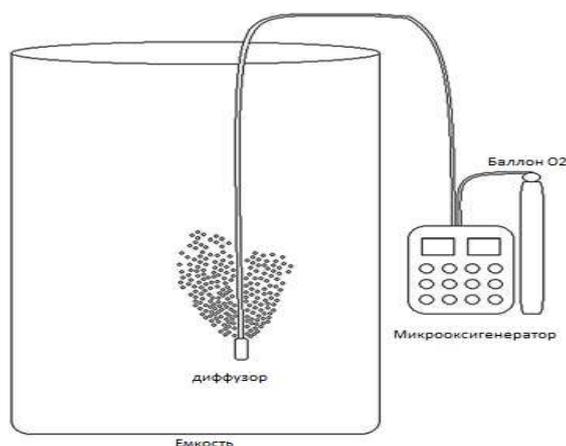


Рис. 1. Установка для проведения микрооксидации, включающая баллон с кислородом, микрооксигенератор, диффузор, с помощью которого кислород вводится в обрабатываемое вино

Цветовые характеристики вин определяли с помощью спектрофотометра «Юнико» (Россия). Массовые концентрации титруемых и летучих кислот, фенольных соединений и величину окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) – по общепринятым методикам [6].

Обсуждение результатов. В таблице 1 приведены физико-химические показатели молодого виноматериала.

Таблица 1 – Физико-химические показатели молодых красных виноматериалов по окончании брожения

O ₂ , мг/дм ³	Массовая концентрация, мг/дм ³			рН	Оптическая плотность при длине волны, нм		
	титруемых кислот	летучих кислот	фенольных соединений		420	540	620
<i>Каберне Совиньон</i>							
0	6,3	0,30	4180	3,1	1,894	2,536	0,492
2	6,3	0,32	4244	3,1	1,871	2,496	0,489
4	6,2	0,32	4348	3,0	2,432	3,103	1,011
6	6,1	0,34	4466	3,2	1,957	2,634	0,561
8	6,0	0,36	3291	3,2	2,001	2,609	0,538
<i>Достойный</i>							
0	6,7	0,26	3480	3,3	1,998	2,312	0,378
2	6,7	0,24	3588	3,3	2,005	2,309	0,369
4	6,6	0,26	3734	3,3	1,896	2,434	1,119
6	6,6	0,28	3825	3,4	2,005	2,309	1,109
8	6,5	0,28	3490	3,4	1,809	2,610	0,614

В результате проведенных исследований установлено, что повышение дозировки кислорода не повлияло на массовую концентрацию титруемых и летучих кислот, а также на величину рН. Объемная доля этилового спирта составляла в виноматериале Каберне Совиньон 13,8-13,9 % об., Достойный – 14,2-14,3 % об.

Наибольшее изменение претерпели фенольные соединения: повышение дозировки кислорода до 6 мг/дм³ приводило к увеличению концентрации фенольных соединений в обоих виноматериалах. Это может быть вызвано перемешивающим (кавитационным) действием пузырьков кислорода. Однако повышение дозировки кислорода до 8 мг/дм³ вызвало уменьшение концентрации полифенолов, что связано с окислением части фенольных соединений.

В таблице 2 представлены результаты расчетов цветовых характеристик и дегустационная оценка виноматериалов. Проведенные исследования показали, что в виноматериале Каберне Совиньон наиболее интенсивная окраска была при дозировке кислорода 4 мг/дм³, виноматериал имел нарядный рубиновый цвет и наибольшую дегустационную оценку. В виноматериале с дозировкой 6 мг/дм³ также отмечали нарядную окраску, но менее интенсивную. Повышение дозировки кислорода приводило к появлению тонов окисленности прежде всего в окраске – она приобрела гранатовые оттенки.

Несколько отличающиеся данные получены для виноматериалов из сорта Достойный: окраска имела одинаковую интенсивность при дозировках кислорода от 2 до 6 мг/дм³. И только при большей дозировке отмечались тона окисленности. Максимальный дегустационный балл был в вариантах, где дозировка кислорода составляла 4 и 6 мг/дм³ (рис. 2).

Таблица 2 – Влияние микрооксидации на цветовые характеристики и дегустационную оценку виноматериалов

О ₂ , мг/дм ³	Интенсивность окраски	Оттенок	Дегустационная характеристика, оценка, балл
<i>Каберне Совиньон</i>			
0	4,430	0,746	Темно-красный цвет, в аромате тона красных ягод, вкус полный, гармоничный – 7,8
2	4,367	0,632	Темно-красный цвет, аромат сложный с тонами смородины, ежевики, вкус полный, гармоничный – 7,9
4	5,535	0,783	Рубиновый цвет, яркий фруктово-ягодный аромат, вкус сложный, мягкий, гармоничный -8,3
6	4,591	0,742	Темно-красный цвет, аромат сложный, преимущественно ягодный: вкус мягкий, полный, гармоничный 8,2
8	4,610	0,766	Темно-красный цвет с легким гранатовым оттенком, аромат типичный с ягодными тонами, вкус гармоничный, несколько тяжеловат -7,9
<i>Достойный</i>			
0	4,310	0,861	Темно-красный цвет, аромат сложный с цветочными и фруктовыми тонами, вкус полный, гармоничный – 7,6
2	4,314	0,869	Темно-красный цвет, в аромате яркие цветно-ягодные тона, вкус полный, гармоничный. мягкий – 8,0
4	4,330	0,869	Аналогичен предыдущему, но вкус полнее, мягче, более развитый – 8,1
6	4,314	0,869	Аналогичен предыдущему – 8,1
8	4,419	0,793	В окраске и аромате легкие окисленные тона – 7,7

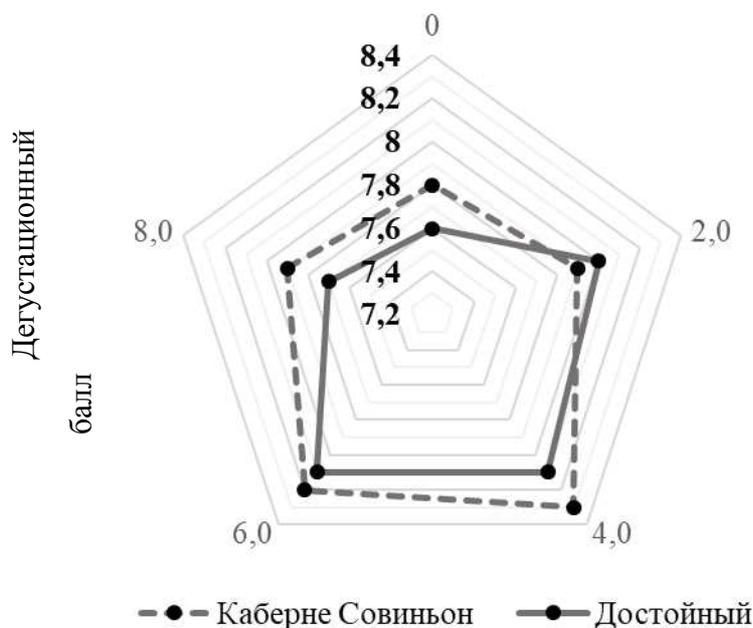


Рис. 2. Влияние дозировки кислорода (мг/дм³) в период брожения мезги на дегустационную оценку молодых красных виноматериалов

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сортовые особенности оказывают влияние на дозировку кислорода при микрооксидации. Поэтому, прежде чем приступить к применению микрооксидации в производстве необходимо проводить пробные обработки, выбрав в качестве критерия дегустационную оценку и цвет виноматериала. Однако, на основании проведенных исследований, можно считать наиболее приемлемыми дозировки кислорода 4 и 6 мг/дм³.

Из опыта работы известно, что к числу легкоокисляемых относятся вина, произведенные из сорта винограда Бархатный: в течение месяца ликерные вина из соломенно-золотистых становятся золотистыми, а затем приобретают различные янтарные оттенки или оттенки заварки черных сортов чая. В связи с этим исследования по микрооксидации проведены именно на этом сорте винограда. В качестве контрольного образца выбрано ликерное вино из сорта Мускат белый.

Проведенные исследования (табл. 3) показали, что микрооксидация оказывает существенное влияние на физико-химические показатели белого ликерного (крепленого) вина. При этом тенденция изменения показателей различается в зависимости от сорта винограда. Так, при микрооксидации подбравивающего суслу сорта Бархатный наблюдаемые изменения физико-химических показателей, особенно величины ОВП и оптические характеристики, были более существенными в сравнении с сортом Мускат белый.

Установлено, что дозирование в подбравивающее сусло обоих сортов винограда небольшого количества кислорода (2 мг/дм³) привело к активации окислительных процессов, выразившихся в увеличении концентрации ацетальдегида, ОВП и существенном изменении окраски. Влияние микрооксидации подбравивающего суслу на накопление ацетальдегида и ОВП в молодых красных виноматериалах представлено на рисунке 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели молодых красных ликерных виноматериалов по окончании брожения

O ₂ , мг/дм ³	Массовая концентрация, г/дм ³		ОВП, мВ	рН	Оптическая плотность при длине волны, нм		
	ацеталь- дегида	летучих кислот			420	540	620
<i>Мускат белый (контроль)</i>							
0	124	0,36	232	3,4	0,253	0,322	0,547
2	122	0,32	230	3,2	0,265	0,343	0,624
4	116	0,30	206	3,0	0,227	0,318	0,593
6	90	0,28	188	3,0	0,197	0,276	0,537
8	96	0,28	194	3,2	0,222	0,284	0,530
<i>Бархатный</i>							
0	132	0,36	264	3,3	0,342	0,410	0,632
2	143	0,37	272	3,3	0,356	0,422	0,645
4	125	0,36	238	3,3	0,318	0,387	0,613
6	107	0,36	206	3,4	0,286	0,344	0,577
8	122	0,42	221	3,4	0,268	0,312	0,532

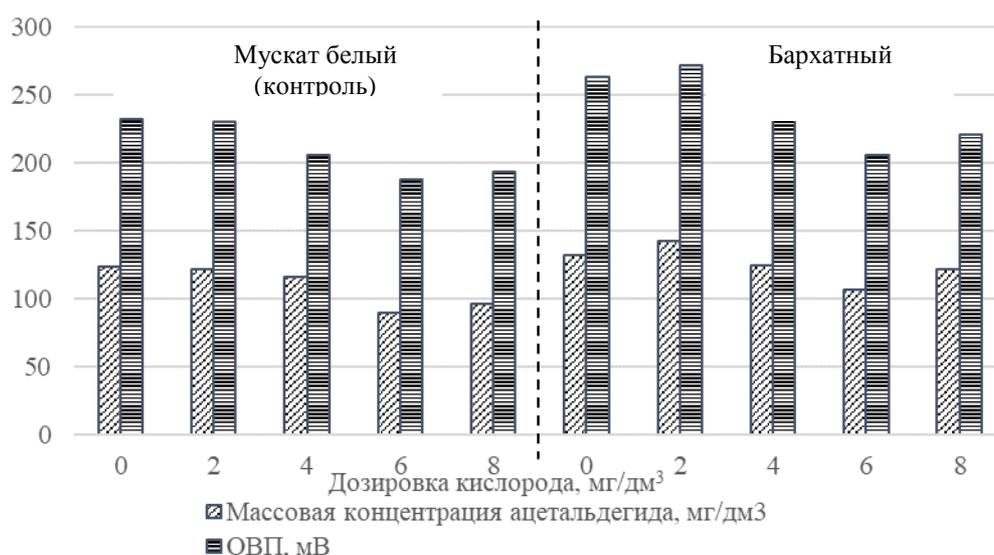


Рис. 3. Влияние дозировки кислорода (мг/дм³) в подбравивающее сушло на накопление ацетальдегида и ОВП в белых ликерных виноматериалах

Увеличение дозировки кислорода до 4-6 мг/дм³ вызвало снижение концентрации ацетальдегида, величины ОВП и улучшение окраски вина. В связи с существенным влиянием микрооксидации на окраску вина были рассчитаны показатели, характеризующие интенсивность (I) и оттенок (T) окраски по P. Sudraud, предложившему два расчетных показателя: интенсивность (I) и оттенок (T) цвета, которые выражаются, соответственно, как сумма и частное от деления величин оптической плотности при 420 и 520 нм:

$$I = D420 + D520$$

$$T = D420 : D520$$

Известен также метод Y. Glories, который является более точным и учитывает роль пигментов в сложении цвета красных вин [7, 8], при котором интенсивность цвета выражается следующей формулой: $I = D420 + D520 + D620$. В связи с этим мы провели расчет цветовых характеристик белых ликерных вин в зависимости от режимов микрооксидации (табл. 4). Проведенные исследования показали, что с увеличением дозировки кислорода сначала наблюдается увеличение интенсивности окраски, определенной по обоим методикам. Для сорта Мускат белый при дозировке от 4 до 6 мг/дм³ отмечается уменьшение интенсивности окраски, а оттенок становится соломенным. При дальнейшем увеличении дозировки кислорода интенсивность окраски начинает увеличиваться, а увеличение показателя T свидетельствует о появлении желто-коричневых тонов. Сравнивая оба сорта винограда, можно отметить, что увеличение дозировки кислорода при обработке сорта Бархатный до 8 мг/дм³ приводит к уменьшению интенсивности окраски, при этом величина T немного увеличилась. Это свидетельствует о том, что для микрооксидации сорта Бархатный дозировку кислорода можно увеличить до 8 мг/дм³, при этом качество вина только улучшается.

В таблице 5 приведены результаты органолептического анализа белых ликерных (крепленых) вин, приготовленных с применением микрооксидации различными дозировками кислорода. Установлено, что применение микрооксидации на классическом сорте винограда Мускат белый способствует улучшению органолептических достоинств вина при дозировке кислорода 4-6 мг/дм³.

На сорте винограда Бархатный получены результаты, однозначно свидетельствующие об улучшении органолептических достоинств вина при дозировке кислорода 4-8 мг/дм³ (рис. 4). Дальнейшее увеличение дозировки кислорода вызвало появление тонов окисленности во вкусе и, особенно, в окраске вина – появление коричнево-бурых оттенков.

Таблица 4 – Изменение цветовых характеристик ликерных вин в зависимости от режимов микрооксидации

Дозировка кислорода, мг/дм ³	По P. Sudraud		I по Y. Glories
	I	T	
<i>Мускат белый (контроль)</i>			
0	0,575	0,786	1,122
2	0,608	0,773	1,132
4	0,545	0,713	1,078
6	0,473	0,713	1,010
8	0,506	0,781	1,036
<i>Бархатный</i>			
0	0,752	0,834	1,384
2	0,778	0,843	1,424
4	0,705	0,821	1,318
6	0,630	0,831	1,207
8	0,580	0,838	1,112

Таблица 5 – Органолептическая оценка белых ликерных вин, произведенных с применением микрооксидации

Дозировка кислорода, мг/дм ³	Дегустационная характеристика	балл
<i>Мускат белый (контроль)</i>		
0	Цвет соломенно-золотистый, в аромате тона чайной розы, полевых трав; вкус чистый, гармоничный	7,8
2	Цвет золотистый, цветочный аромат с тонами чайной розы; вкус чистый, гармоничный, несколько резковат	7,6
4	Цвет соломенный, искристый, аромат типичный с тонами чайной розы, персика, цитрона; вкус мягкий, гармоничный, полный	8,1
6	Цвет соломенный, искристый, аромат типичный с тонами чайной розы, персика, цитрона; вкус мягкий, гармоничный, полный	8,1
8	В окраске появились золотистые оттенки, вкус несколько жестковат, в аромате и вкусе тона окисленности	7,8
<i>Бархатный</i>		
0	Цвет золотисто-янтарный, в аромате цветочные тона, вкус чистый	7,6
2	Цвет золотистый, в аромате цветочные тона с легкими тонами розы, вкус чистый, мягкий	7,8
4	Цвет светло-золотистый, в аромате цветочные тона с легкими тонами розы, вкус чистый, мягкий	7,9
6	Цвет соломенно-золотистый, в аромат яркий с цветочными тонами и тонами розы, вкус чистый, мягкий, гармоничный	8,2
8	Цвет соломенно-золотистый, в аромат яркий с цветочными тонами и тонами розы, вкус чистый, мягкий, гармоничный	8,2

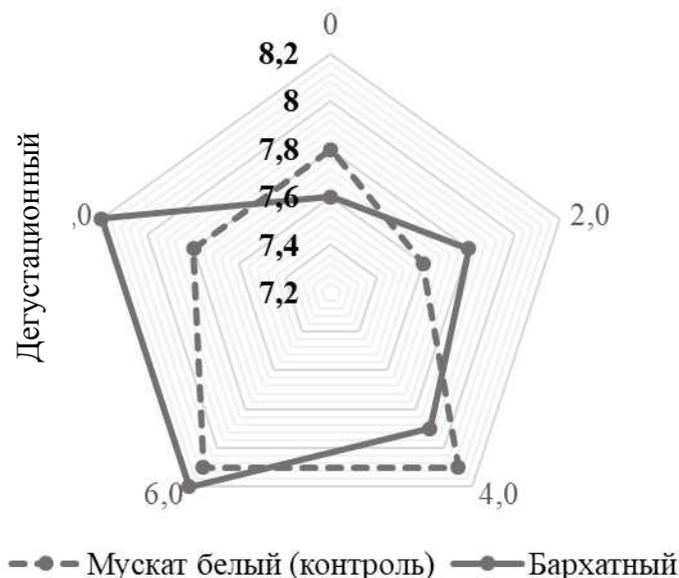


Рис. 4. Влияние дозировки кислорода (мг/дм³) при производстве белых ликерных вин на их дегустационный балл

Выводы. Доказана целесообразность проведения микрооксидации при производстве красных столовых и белых ликерных вин. Установлено, что дозировки кислорода и момент его введения обуславливаются сортовыми особенностями винограда. При переработке классических сортов винограда рекомендуемая дозировка кислорода составляет 4-6 мг/дм³, а для гибридных сортов, чье сушло склонно к самоокислению, дозировку кислорода при микрооксидации следует повысить до 4-8 мг/дм³. Показано, что применение микрооксидации способствует улучшению органолептических показателей вин, нормализации их окраски.

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. Пищевая технология. 2018. №2-3 (362-363). С. 31-35.
2. Ertan Anli, Ozge Algan Cavuldak (2012) A review of microoxygenation application in wine. 2012
3. Blauw, D.A. Micro-oxygenation in contemporary winemaking. Thesis, Cape Wine Academy, Stellenbosch, South Africa. -2009. -p.233-252
4. Maria A. Silva, Isabelle Ky, Michael Jourdes, Pierre-Lous Teissedre. Rapid and simple method for the quantification of flavan-3-ols in wine. -2011. -p.58-63
5. Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making / V. Atanasova [et al.] // Anal. Chim. Acta. 2002. V. 458, № 1. P. 15-27.
6. Гержикова В.Г. Методы теххимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2009. 309 с.
7. Аникина Н.С., Червяк С.Н., Гнилomedова Н.В. Методы оценки цвета вин. Обзор // Аналитика и контроль. 2019. Т. 23. № 2. С. 158-167. DOI: 10.15826/analitika.2019.23.2.003
8. Babincev L.M., Gurešić D.M., Simonović R.M. Spectrophotometric characterization of red wine color from the vineyard region of Metohia // Journal of Agricultural Sciences. 2016. V. 61, № 3. P. 281-290. 281-290.