

УДК 663.252.9

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-194-208

**ВЛИЯНИЕ СОРТОВОГО ФАКТОРА
НА ФОРМИРОВАНИЕ
ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ
СПОСОБНОСТИ
ВИНОМАТЕРИАЛОВ**

Кошечая Виолетта Ивановна
аспирант, инженер
e-mail: koshevaya.vita@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-4910-8656

Оселедцева Инна Владимировна
д-р техн. наук, профессор
исполняющая обязанности заведующей
кафедрой технологии виноделия,
броидильных производств, сахаристых
и пищевкусковых продуктов
имени профессора А.А. Мержаниана
https://orcid.org/0000-0002-3093-6577

Стрибижева Людмила Ивановна
канд. техн. наук
заведующая лабораторией контроля
качества алкогольной продукции

*Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный
технологический университет»,
Краснодар, Россия*

В настоящее время производство качественных игристых вин – одна из главных задач в виноделии. Показатель пенистых и игристых свойств готовых игристых вин непосредственно зависит от способности базового вина к пенообразованию. На данный показатель оказывают влияние различные факторы: сорт винограда, состав виноматериала, используемые агротехнологические и технологические методы. Основной целью исследования явилось изучение влияния сортовых особенностей винограда на пенообразующую способность виноматериалов, выработанных в Краснодарском крае в сезон 2022 года. Все исходные образцы были переработаны и ферментированы в идентичных условиях.

UDC 663.252.9

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-194-208

**INFLUENCE
OF VARIETAL FACTOR
ON THE FORMATION
OF FOAMING ABILITY
OF WINE MATERIALS**

Koshevaya Violetta Ivanovna
Post-Graduate Student, Engineer
e-mail: koshevaya.vita@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-4910-8656

Oseledtseva Inna Vladimirovna
Dr. Tech. Sci., Professor
Acting Head of Department
Winemaking Technology,
Fermentation Industries,
Sugar and Food products
named after Professor A.A. Merzhanian
https://orcid.org/0000-0002-3093-6577

Stribizheva Ludmila Ivanovna
Cand. Tech. Sci.
Head of Laboratory for Quality Control
of Alcoholic Products

*Federal State Budget
Educational Institution
of Higher Education
«Kuban State
Technological University»,
Krasnodar, Russia*

Currently, the production of high-quality sparkling wines is one of the main tasks in wine-making. The indicator of foamy and sparkling properties of finished sparkling wines directly depends on the ability of the base wine to foam. This indicator is influenced by various factors: the grape variety, the composition of the wine material, the agrotechnological and technological methods used. The main purpose of the study was to study the influence of varietal characteristics of grapes on the foaming ability of wine materials produced in the Krasnodar region in the 2022 season. All the original samples were processed and fermented under identical conditions. The study

Исследование компонентного состава образцов проводилось по стандартным методикам с использованием современного оборудования. Для определения способности формирования пены исходными образцами использовался «Анализатор пенообразования», разработанный М.В. Мишиным на базе кафедры технологии виноделия и бродильных производств им. профессора А.А. Мерзханиана, который позволяет объективно оценить качество пены. Была проанализирована способность к пенообразованию трех интродуцированных сортов винограда: Пино блан, Рислинг рейнский и Шардоне. Результатом исследования стало установление связи между пенообразующей способностью виноматериалов и сортом винограда. В ходе исследования было установлено, что все исследуемые образцы как с точки зрения химического состава, так и органолептической оценки аромата являлись пригодными для создания игристого вина. Однако по совокупности состава (сложных эфиров, высших спиртов и аминокислот) наибольшим потенциалом формирования пенообразующей способности по сезону 2022 года в Темрюкском районе Краснодарского края обладали виноматериалы из сорта Рислинг рейнский.

Ключевые слова: ВИНМАТЕРИАЛ, ПЕНООБРАЗОВАНИЕ, ВЫСШИЕ СПИРТЫ, ЭФИРЫ, АМИНОКИСЛОТЫ

of the component composition of the samples was carried out according to standard methods using modern equipment. To determine the ability of foam formation by the initial samples, a "Foaming analyzer" was used, developed by Mishin M.V. on the basis of the Department of Technology of Wine-making and Fermentation named after Professor A.A. Merzhanian, which allows an objective assessment of the quality of foam. The foaming ability of three introduced grape varieties was analyzed: Pinot Blanc, Riesling Rhenish and Chardonnay. The result of the study was the establishment of a connection between the foaming ability of wine materials and the grape variety. In the course of the study, it was found that all the samples under study, both in terms of chemical composition and organoleptic evaluation of the aroma, were suitable for creating sparkling wine. However, according to the totality of the composition (esters, higher alcohols and amino acids), wine materials from the Riesling Rhenish variety had the greatest potential for the formation of foaming capacity for the 2022 season in the Temryuk district of the Krasnodar region.

Key words: WINE MATERIAL, FOAMING, HIGHER ALCOHOLS, ESTERS, AMINO ACIDS

Введение. Известно, что игристые вина получают путем проведения вторичного брожения базовых вин. Вторичное брожение, в зависимости от целей винодела, может проходить в закрытых бутылках или в специальных резервуарах – акратофорах [1].

Выбор сорта винограда для производства игристых вин имеет большое значение, ведь от него зависит конечное качество вина [2].

В разных регионах производства игристых вин используются разные сорта винограда для производства желаемых стилей вин, пересыщенных диоксидом углерода. В Шампани (Франция) разрешенные сорта ограничены

следующим перечнем: Шардоне, Пино нуар, Пино менье. Каждый из сортов вносит индивидуальные нюансы в готовые вина [3].

В Российской Федерации, как и во Франции, есть четкий перечень разрешенных для производства игристых вин сортов винограда, он зафиксирован в ГОСТ 33336-2015 Вина игристые. Общие технические условия. К разрешенным сортам относятся: Шардоне, Пино нуар, Пино менье, Пино блан, Пино гри, Совиньон, Алиготе, Траминер розовый, Сильванер, Рислинг, Каберне Совиньон, Кокур белый, Пухляковский, Шампанчик и Фетяска [4]. Все они были выбраны не только из-за своих физико-химических характеристик, подходящих для производства игристых вин, но также потому, что они обладают хорошим потенциалом для формирования пенистых и игристых свойств готовых вин. Чаще всего используются сорта с невысокой ароматичностью, как правило с высокой общей кислотностью, относительно низким уровнем pH и умеренным содержанием сахара по сравнению с сортами, используемыми для выработки столовых вин. Данные показатели во многом определены погодноклиматическими условиями места произрастания винограда [3].

Важным показателем качества виноматериалов, предназначенных для приготовления игристых вин, является их потенциал к формированию пены. Во многих научных работах показано, что пенистые свойства виноматериалов зависят именно от сорта винограда и условий его произрастания [5].

Как было отмечено выше, сорт имеет одно из ключевых значений при производстве игристых вин. Благодаря применению регламентированных сортов, хорошо зарекомендовавших себя в производстве, возможно создание игристого по технологии, которая предусматривает минимальное внесение оклеивающих веществ (бентонита) и исключение или сведение к минимуму применения компонентов, способствующих повышению пенообразующих свойств (гуммиарабик и манопротеины) [6, 7]. Такая технология позволяет получать высококачественные игристые вина за счет потенциала сорта и применения специальных технологий.

Целью данной работы являлось изучение влияния сортовых особенностей винограда, выработанного на территории Темрюкского района Краснодарского края сезона 2022 года, на пенообразующую способность вино-материалов.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования выступали виноматериалы из следующих сортов винограда: Пино блан (3 варианта), Рислинг рейнский (3 варианта) и Шардоне (2 варианта); они были выращены и переработаны на территории Темрюкского района Краснодарского края в сезон 2022 года. Каждое вино производилось из одного сорта с использованием суслу-самотека, который предполагает минимальный контакт с кожицей и семенами винограда. Вина были ферментированы с помощью дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, раса ИОС 18-2007 (Институт Энологии Шампани) в нержавеющей стали и не подвергались яблочно-молочному брожению.

Химический состав вин определяли по методикам, прописанным в следующих нормативных документах:

- Массовая концентрация сахаров по ГОСТ 13192-73 [8];
- Массовая концентрация титруемых кислот ГОСТ 32114-2013 [9];
- Объемная доля этилового спирта по ГОСТ 32095-2013 [10];
- Массовая концентрация летучих кислот по ГОСТ 32001-2012 [11];
- Массовые концентрации сложных эфиров и высших спиртов по ГОСТ 33834-2016 [12].

Для измерения уровня ОВ-потенциала применялся потенциометрический анализ [13].

Определение аминокислот проводилось при помощи системы капиллярного электрофореза. Метод предполагает определение концентрации свободных и связанных аминокислот в биологических объектах и продукции переработки методом капиллярного электрофореза. Метод основан на

разделении анионных форм N-фенилтиокарбамил-производных аминокислот под действием электрического поля вследствие их различной электрофоретической подвижности. Для идентификации и количественного определения анализируемых компонентов регистрируют ультрафиолетовое поглощение при длине волны 254 нм.

Показатель пенистых свойств — пенообразующая способность F , высота пены при помощи «Анализатора пенообразования», разработанного Мишиным М.В. на базе кафедры Технологии виноделия и бродильных производств им. профессора А.А. Мержаниана Кубанского государственного технологического университета [14]. Анализатор включает в себя наборы расходомеров углекислого газа, датчики, микроконтроллер и персональный компьютер со специально разработанным программным обеспечением. Метод основан на измерении среднего значения максимального объема пены анализируемого образца вина, образующейся в результате пропускания контролируемого потока углекислого газа через определенный объем образца. На рис. 1 показана схема «Анализатора пенообразования».

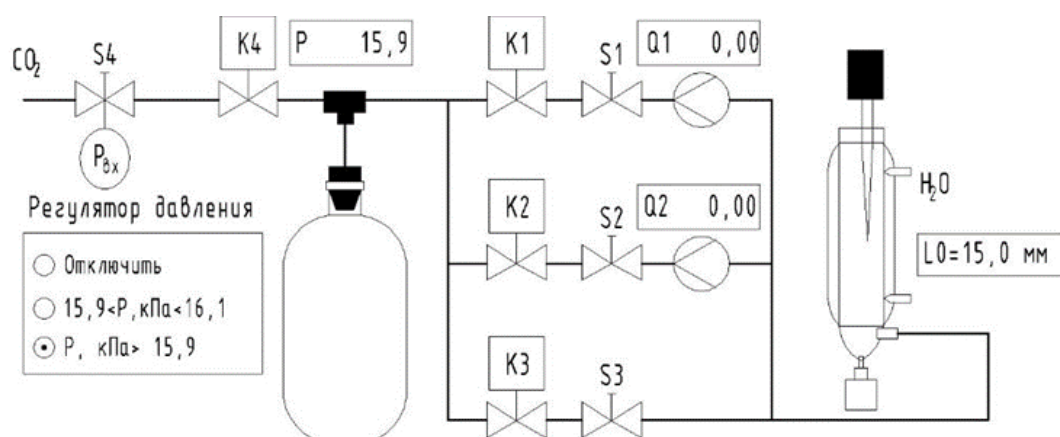


Рис. 1. Схема анализатора пенообразования, где $Q_{1,2}$ – расход газа для измерения, пробоподготовки (мл/мин); P – давление измерительной системы (кПа); L – уровень пены в измерительном элементе (мм); $K_{1,2,3,4}$ – каналы для измерения, пробоподготовки, подпора и входа газа.

Обсуждение результатов. Физико-химические показатели исходных образцов виноматериалов для игристых вин из различных сортов винограда представлены в таблице.

Физико-химические показатели виноматериалов для игристых вин

Наименование	Массовая концентрация сахаров, г/дм ³	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	Объемная доля этилового спирта, %об.	Массовая концентрация летучих кислот, г/дм ³	ОВ-потенциал, мВ
Пино Блан (1)	1,2	7,9	11,7	0,60	180
Пино Блан (2)	1,7	7,8	11,6	0,42	181
Пино Блан (3)	1,5	8,0	11,6	0,40	180
Рислинг рейнский (1)	2,8	9,4	10,7	0,54	188
Рислинг рейнский (2)	1,3	10,3	11,2	0,66	192
Рислинг рейнский (3)	1,7	9,2	11,0	0,54	191
Шардоне (1)	1,0	9,0	11,2	0,52	190
Шардоне (2)	1,5	9,2	11,0	0,56	188

Согласно полученным данным, исследуемые виноматериалы для игристых вин характеризовались значительными отличиями физико-химического состава. Виноматериалы, выработанные из винограда сорта Пино блан, отличались более высоким значением объемной доли этилового спирта и низкими уровнями титруемой кислотности и окислительно-восстановительного потенциала. Данный факт может быть обусловлен тем, что в данной местности вызреваемость сорта была более высокой в период сбора для переработки на игристые виноматериалы, чем у других сортов. Наименьший показатель по объемной доле этилового спирта был зафиксирован у виноматериала, выработанного из винограда сорта Рислинг рейнский вариант 2 – 10,7 %об., данный образец также отличался наибольшим показателем массовой концентрации титруемых кислот – 10,3 г/дм³. Это может свидетельствовать, что в данном терруаре сроки созревания сорта винограда Рислинг наступают позже, чем Пино блан и Шардоне.

Многие авторы сходятся во мнении, что одним из важнейших показателей вина является его ароматичность [15]. Она характеризуется смесью различных летучих компонентов, в том числе эфирных масел, свойственных данному сорту винограда (первичные ароматы), а также образующихся в результате брожения и выдержки (вторичные и третичные ароматы) [16].

Широко известно, что базовое вино, используемое как основа для производства игристого вина, не должно быть слишком ароматичным и тяжелым, так как технология игристых вин направлена на получение тонкого и элегантного аромата в винах [17]. В технологии вин, пересыщенных диоксидом углерода, важно соблюдать баланс аромата и потенциала пенообразующей способности за счет технологий, формирующих особенную ароматичность игристых вин [18]. В целях исследования ароматического состава опытных образцов были получены ароматические профили легколетучих компонентов рис. 2 и 3.

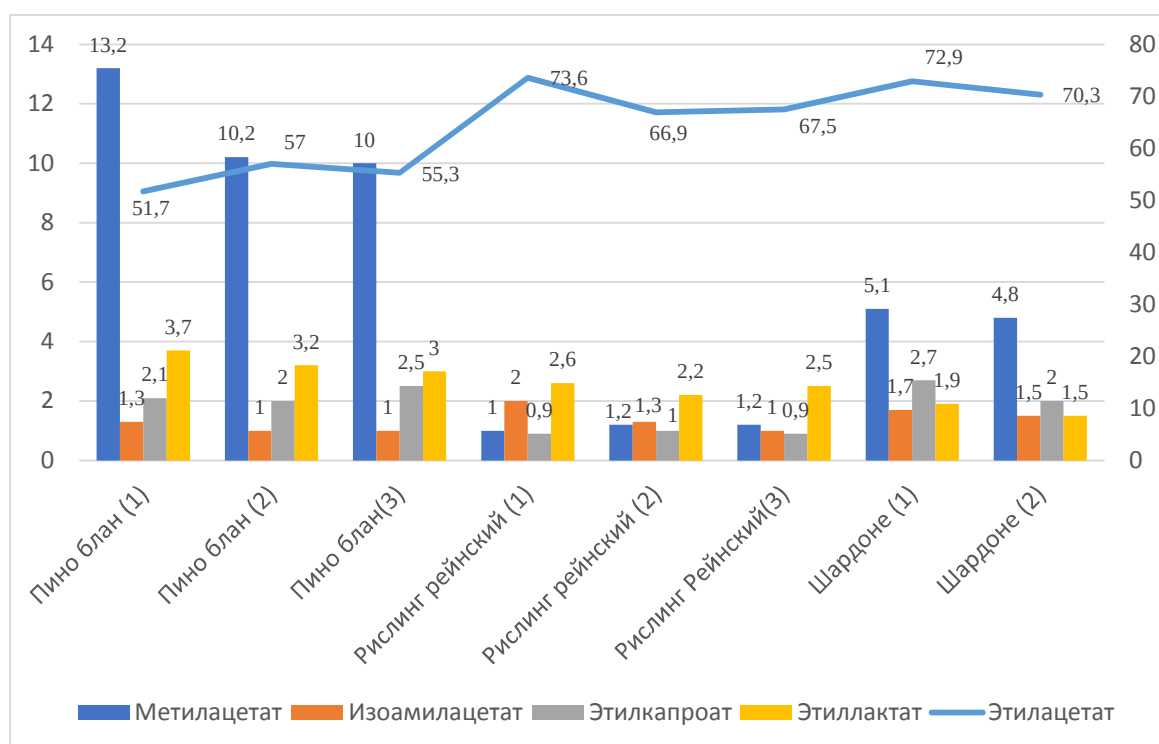


Рис. 2. Массовые концентрации сложных эфиров в опытных образцах, мг/дм³

Известно, что ароматы сложных эфиров обычно ассоциируются с фруктами, такими как банан и ананас, но также могут иметь цитрусовые и цветочные нотки. Они обладают способностью влиять друг на друга. При совместном нахождении некоторые сложные эфиры могут создавать совершенно другой аромат, чем тот, который они имеют по отдельности [19].

Известно, что одним из классов соединений, который очень важен в отношении органолептических характеристик вин, являются сложные эфиры. Сложные эфиры образуются во время ферментации и из этанолиза ацил-КоА, который образуется во время синтеза или разложения жирных кислот. Концентрация этих соединений зависит от нескольких факторов, включая штамм дрожжей, температуру брожения, степень аэрации и содержание сахара [20].

Согласно полученным данным, количественное содержание сложных эфиров по сортам практически идентично. При сравнении разных сортов было выявлено, что наибольшим суммарным накоплением сложных эфиров отличился сорт Шардоне, в частности образец Шардоне (1) (84,3 мг/дм³); наименьшее количество сложных эфиров было зафиксировано в образце из сорта винограда Рислинг рейнский (1) (62,9 мг/дм³). Среди сложных эфиров, образующихся в процессе брожения, во всех опытных образцах в небольших количествах выявлен изоамилацетат и этиллактат, что можно объяснить невысоким содержанием в вине соответствующих спиртов и кислот, а также начальным этапом этерификации. Более существенным накоплением метилацетата характеризовались образцы из сорта винограда Пино блан – 10-13,2 мг/дм³. Уровень этилацетата вне зависимости от варианта находился примерно на одном уровне. Содержание метилацетата и этилацетата на уровне 5-100 мг/дм³ благоприятно отражается на органолептических свойствах продукции – усиливается и обогащается винный аромат [21].

Из высококипящих этиловых эфиров высших жирных кислот в незначительном количестве во всех образцах идентифицирован этилкапроат, являющийся составным компонентом энантового эфира.

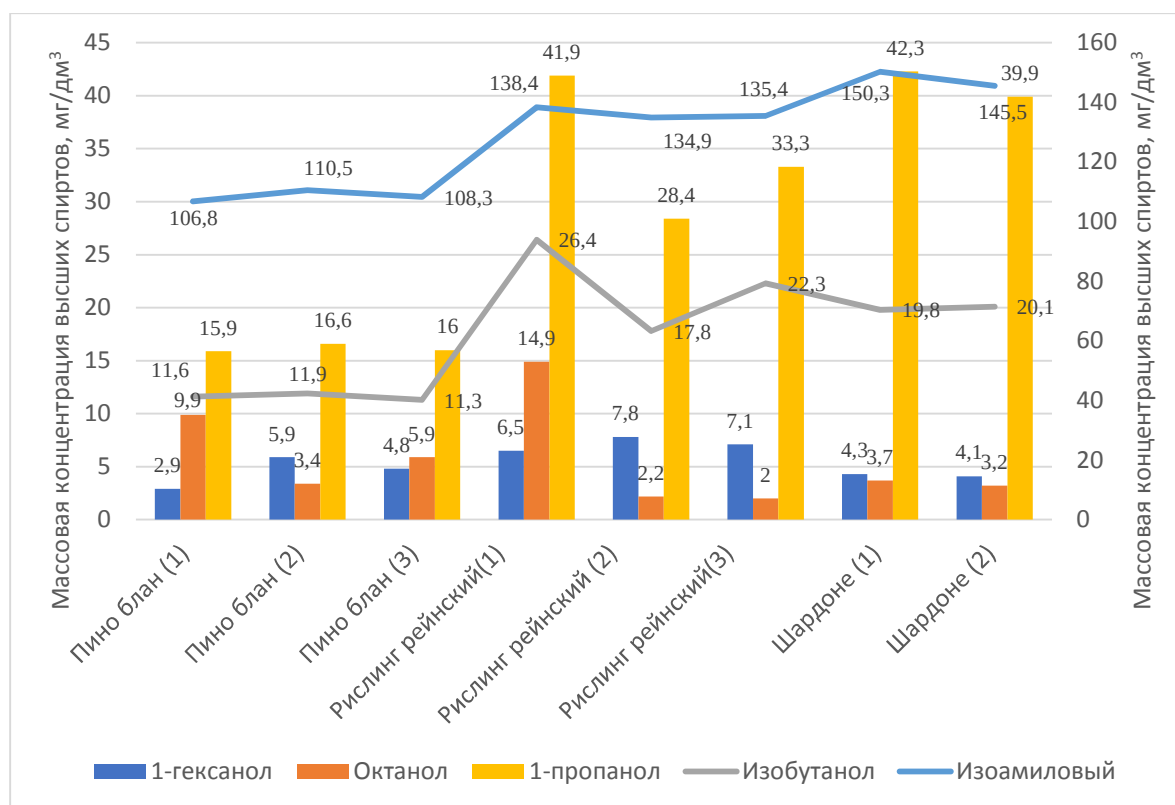


Рис. 3. Массовые концентрации высших спиртов в опытных образцах, мг/дм³

Широко известно, что высшие спирты могут быть синтезированы дрожжами либо анаболическим путем из глюкозы, либо катаболическим путем из соответствующих им аминокислот [22]. Следовательно, они выделяются в среду как вторичные продукты метаболизма дрожжей и отвечают за вторичный или «ферментативный» аромат вин [23]. Взятые по отдельности в концентрированном виде, они имеют очень неприятный запах, однако в малых концентрациях данные компоненты способны придавать вину приятный ароматы. Помимо того, что они положительно влияют на аромат, также известно, что увеличение концентрации высших спиртов даже до уровня, превышающего их предельное содержание в вине, способствует повышению устойчивости пены, что очень важно для игристых виноматериалов [24].

В результате исследования было выявлено 6 представителей высших спиртов. Экспериментально установлено, что уровень концентрации анализируемых высших спиртов в пределах сорта находился примерно на одинаковом уровне. Наибольшие концентрации этих компонентов зафиксированы в сортах Рислинг рейнский и Шардоне (в пределах 191,1-228,4 мг/дм³ и 200,1-220,4 мг/дм³), наименьшие у Пино блан (146,3-148,3 мг/дм³). Если говорить о покомпонентном составе, то наибольший интерес представлял изоамиловый спирт, являющийся основным компонентом сивушных масел. Наибольшее его содержание наблюдалось в образцах из сорта винограда Шардоне – 150,3 и 145,5 г/дм³. Так как условия ферментации были идентичны, мы можем предположить, что различие были вызваны специфическим накоплением аминокислот в зависимости от сорта винограда и применяемых агротехнологических приемов [25].

Все исследуемые образцы как с точки зрения химического состава, так и органолептической оценки аромата являлись пригодными для создания игристого вина.

Пена игристого вина является ключевым параметром его качества, именно она отличает игристые вина от так называемых тихих. Пенообразование напрямую связаны с химическим составом игристых вин, а также сортом винограда и методом его переработки [26]. В связи с этим, нами была проанализирована пенообразующая способность и максимальная высота пены полученных опытных образцов виноматериалов для игристых вин из различных сортов винограда (рис. 4).

Анализ пенообразующей способности виноматериалов показал, что среди исследуемых образцов наибольшей способностью к пенообразованию отличились образцы из сортов Рислинг рейнский и Шардоне, при этом самые высокие показатели были зафиксированы у 2 и 3 варианта сорта Рислинг рейнский – 41,0 и 39,4.

Согласно полученным данным, максимальная высота пены в опытных образцах коррелировала с пенообразующей способностью – чем она была больше, тем выше был уровень пены. Также стоит отметить, что образцы из сорта винограда Рислинг рейнский помимо того, что они имели более высокие показатели по пенообразующей способности, отличались высоким качеством пены по сравнению с опытными образцами из сортов Пино блан и Шардоне. Пузырьки пены имели меньший диаметр и более четкую структуру, что является очень важной физической характеристикой игристого вина, определяющей не только пенные свойства готового вина, но и характер игры.

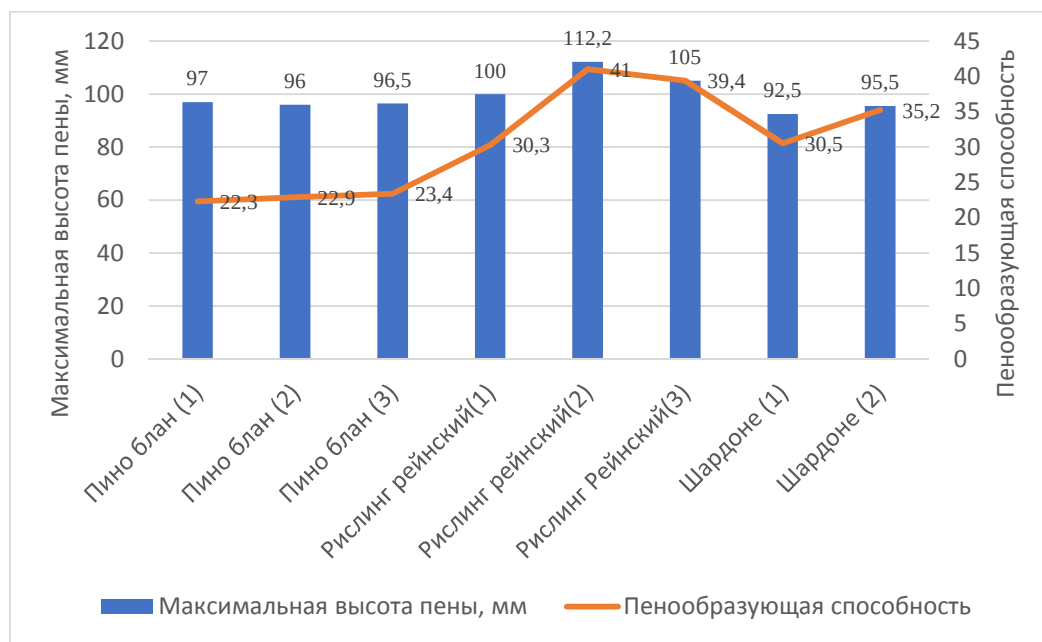


Рис. 4. Пенообразующая способность и максимальная высота пены

Известно, что показатель высоты пены и пенообразующая способность во многом зависят от уровня концентрации аминокислот, которые в свою очередь зависят от особенностей сорта и агротехники. Согласно нашим данным, уровень концентрации аминокислот в виноматериале из сорта винограда Рислинг рейнский составил в первом варианте – 666 мг/дм³,

во втором – 1200 мг/дм³, в третьем – 1154 мг/дм³; из сорта Шардоне в первом и втором вариантах соответственно 878 мг/дм³ и 1209 мг/дм³; из сорта Пино блан – 784 мг/дм³, 1266 мг/дм³ и 605 мг/дм³.

Если рассматривать зависимость пенообразующей способности вин от концентрации аминокислот в пределах сорта, то можно проследить тенденцию увеличения показателя пенообразующей способности при повышении массовой концентрации аминокислот. Однако такая тенденция прослеживается только в виноматериалах из сортов винограда Рислинг рейнский и Шардоне. В случае виноматериалов из сорта винограда Пино блан наибольший показатель способности к пенообразованию соответствует наименьшей концентрации аминокислот. В этом случае возможно влияние других не рассмотренных в данном исследовании поверхностно активных веществ на данный показатель.

Выводы. Показано, что сортовой фактор формирования пенообразующей способности включает в себя не только показатели стойкости пены и ее высоты, но также показатели, оказывающие влияние на структуру пены.

Установлено, что по совокупности состава (сложных эфиров, высших спиртов и аминокислот) наибольшим потенциалом формирования пенообразующей способности по сезону 2022 года в Темрюкском районе Краснодарского края обладали виноматериалы из сорта Рислинг рейнский: они отличались значительной пенообразующей способностью на уровне от 30,3 до 41 и максимальной высотой пены от 100 до 112,2 мм.

Литература

1. Martínez-Lapuente L., Ayestarán B., Guadalupe Z. Influence of Wine Chemical Compounds on the Foaming Properties of Sparkling Wines // *Grapes and Wines – Advances in Production, Processing, Analysis and Valorization*, 2018. P. 195-223. DOI: 10.5772/intechopen.70859
2. Clara C., Gerard L.-B., Villaume S., Philippe J. Foaming properties of various Champagne wines depending on several parameters: Grape variety, aging, protein and CO₂ content // *Analytica Chimica Acta*. 2010. №660 (1-2). С. 164-170. DOI: 10.1016/j.aca.2009.10.021.

3. Jones J.E., Kerslake F.L., Close D.C., Dambergs R.G. Viticulture for Sparkling Wine Production: A Review // *Am J Enol Vitic.* 2014. Vol. 65. P. 407-416. DOI: 10.5344/ajev.2014.13099.

4. ГОСТ 33336-2015 Вина игристые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019, 12 с.

5. Пенные свойства сортов винограда / А.С. Макаров [и др.] // *Магарач. Виноградарство и виноделие.* 2018. № 2 (104). С. 38-40. EDN: URLRBS

6. Natural and sustainable wine: a review / W. Ruteng, et al. // *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2022. Vol. 63(26). P. 8249-8260. DOI: 10.1080/10408398.2022.2055528.

7. The Use of Gum Arabic Liquid in Winemaking. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://grapeworks.com.au/news/winemaking/the-use-of-gum-arabic-liquid-in-wine-making/> (дата обращения: 7.07.2023).

8. ГОСТ 13192-73 Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

9. ГОСТ 32114-2013 Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот. М.: Стандартинформ, 2014. 7 с.

10. ГОСТ 32095-2013 Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта. М.: Стандартинформ, 2014. 5 с.

11. ГОСТ 32001-2012 Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения массовой концентрации летучих кислот. М.: Стандартинформ, 2014. 5 с.

12. ГОСТ 33834-2016 Продукция винодельческая и сырье для ее производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

13. Определение окислительно-восстановительного потенциала. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.spec-kniga.ru/tehnohimicheskij-kontrol/tekhnohimicheskij-kontrol-brodilnyh-proizvodstv/tekhnohimicheskij-kontrol-brodilnyh-proizvodstv-opredelenie-okislitelno-vosstanovitelnogo-potenciala.html> (дата обращения 12.09.2023).

14. Мишин М.В., Таланян О.Р. Оценка пенообразующей способности столовых виноградов для игристых вин // *Научные труды КубГТУ.* 2015. № 8. С. 53-55. EDN: UNDMZ

15. Aroma characteristics of volatile compounds brought by variations in microbes in winemaking / L. Shuxun, et. al. // *Food Chemistry.* 2023. Vol. 420 (1). 136075. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136075.

16. Кошечкина В.И., Оселдцева И.В., Стрибижева Л.И. Влияние вида технологической емкости для ферментации на формирование свойств сухих белых вин из сорта винограда Рислинг рейнский [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2023. № 80(2). С. 226-243. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-2-80-226-243.

17. OIV Special Wines: Sparkling Wines. [Электронный ресурс] URL: <https://www.oiv.int/ru/standards/international-code-of-oenological-practices/part-ii-oenological-treatments-and-practices/special-wines%3A-sparkling-wines>. (Дата обращения: 20.09.2023).

18. Maria C.C. Innovations in Sparkling Wine Production: A Review on the Sensory Aspects and the Consumer's Point of View // *Beverages.* 2023. Vol. 9(3). 80. DOI: 10.3390/beverages9030080.

19. Russan A. The Science of Esters in Wine, 2018. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://daily.seventyfive.com/the-science-of-esters-in-wine/>. (дата обращения 07.07.2023).

20. Виноградные вина, проблемы оценки их качества и региональной принадлежности / Ю.Ф. Якуба [и др.] // Аналитика и контроль. 2014. № 4. С. 344-372. DOI: 10.15826/analitika.2014.18.4.001.

21. Prusova, B., Humaj, J., Sochor, J., Baron, M. Formation, Losses, Preservation and Recovery of Aroma Compounds in the Winemaking Process // Fermentation. 2022. Vol. 8(3). 93. DOI: 10.3390/fermentation8030093

22. Aromatic Higher Alcohols in Wine: Implication on Aroma and Palate Attributes during Chardonnay Aging / A.G. Cordente, et. al. // Molecules. 2021. Vol. 26(16). 4979. DOI: 10.3390/molecules26164979.

23. Ramon G., Pilar M. Wine secondary aroma: understanding yeast production of higher alcohols // Microb Biotechnol. 2017. Vol. 10. P. 1449-1450. DOI: 10.1111/1751-7915.12770.

24. Endogenous CO₂ Overpressure Effect on Higher Alcohols Metabolism during Sparkling Wine Production / M.d.C. González-Jiménez, et. al. // Microorganisms. 2023. Vol. 11 (7). 1630. DOI: 10.3390/microorganisms11071630.

25. Accumulation of Proline in Plants under Contaminated Soils / S. Spormann, et. al. // Antioxidants. 2023. Vol. 12 (3). 666. DOI: 10.3390/antiox12030666.

26. Simone V., Antonella C., Andrea C. Foamability of Prosecco wine: Cooperative effects of high molecular weight glycoproteins and wine PR-proteins // Food Hydrocolloids. 2014. Vol. 34. P. 202-207. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.09.016.

References

1. Martínez-Lapuente L., Ayestarán B., Guadalupe Z. Influence of Wine Chemical Compounds on the Foaming Properties of Sparkling Wines // Grapes and Wines – Advances in Production, Processing, Analysis and Valorization, 2018. P. 195-223. DOI: 10.5772/intechopen.70859

2. Clara C., Gerard L.-B., Villaume S., Philippe J. Foaming properties of various Champagne wines depending on several parameters: Grape variety, aging, protein and CO₂ content // Analytica Chimica Acta. 2010. Vol. 660 (1-2). P. 164-170. DOI: 10.1016/j.aca.2009.10.021

3. Jones J.E., Kerslake F.L., Close D.C., Dambergs R.G. Viticulture for Sparkling Wine Production: A Review // Am J Enol Vitic. 2014. Vol. 65. P. 407-416. DOI: 10.5344/ajev.2014.13099.

4. GOST 33336-2015 Sparkling wines. General specification. M.: Standardinform, 2019, 12 p. (in Russian)

5. Sparkling properties of varietal wine materials / A.S. Makarov, et. al. // Magarach. Viticulture and winemaking. 2018. Vol. 2(104). P. 38-40. EDN: URLRBS (in Russian)

6. Natural and sustainable wine: a review / W. Ruteng et al. // Crit Rev Food Sci Nutr. 2022. Vol. 63(26). P. 8249-8260. DOI: 10.1080/10408398.2022.2055528.

7. The Use of Gum Arabic Liquid in Winemaking. Available at: <https://grape-works.com.au/news/winemaking/the-use-of-gum-arabic-liquid-in-winemaking/> (accessed date: 7.07.2023).

8. GOST 13192-73 Wines, wine materials and cognacs. Method of sugar determination. M.: Standardinform, 2011. 12 p. (in Russian)

9. GOST 32114-2013. Alcoholic beverages and raw material for it producing. Methods for determination of titrating acids. M.: Standardinform, 2014. 7 p. (in Russian)

10. GOST 32095-2013. Alcoholic beverages and raw material for it producing. Method of ethyl alcohol determination. M.: Standardinform, 2014. 5 p. (in Russian)

11. GOST 32001-2012 Alcoholic beverages and raw material for it producing. Method for determining the mass concentration of volatile acids. M.: Standardinform, 2014. 5 p. (in Russian)
12. GOST 33834-2016 Alcoholic beverages and raw material for it producing. Method of volatile acids determination. M.: Standardinform, 2016. 16 p. (in Russian)
13. Determination of redox potential. Available at: <https://www.spec-kniga.ru/tehnohimicheski-kontrol/tekhnohimicheskij-kontrol-brodilnyh-proizvodstv/tekhnohimicheskij-kontrol-brodilnyh-proizvodstv-opredelenie-okislitelno-vosstanovitelnogo-potenciala.html>. (accessed date: 12.09.2023) (in Russian)
14. Mishin M.V., Talanyan O.R. Evaluation of foaming capacity of table wine materials for sparkling wines // Scientific works of KubSTU. 2015. Vol. 8. P. 53-55. EDN: UNDMGZ (in Russian)
15. Aroma characteristics of volatile compounds brought by variations in microbes in winemaking / L. Shuxun, et. al. // Food Chemistry. 2023. Vol. 420 (1). 136075. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136075.
16. Koshevaya V.I., Oseledtseva I.V., Stribizheva L.I. Influence of the type of technological tank for fermentation on the formation of the properties of dry white wines from the grape variety Riesling Rheinisch // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2023. № 80(2). P. 226-243. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-2-80-226-243. (in Russian)
17. OIV Special Wines: Sparkling Wines. Available at: <https://www.oiv.int/ru/standards/international-code-of-oenological-practices/part-ii-oenological-treatments-and-practices/special-wines%3A-sparkling-wines>. (accessed date: 20.09.2023).
18. Maria C.C. Innovations in Sparkling Wine Production: A Review on the Sensory Aspects and the Consumer's Point of View // Beverages. 2023. Vol. 9(3). 80. DOI: 10.3390/beverages9030080.
19. Alex Russan. The Science of Esters in Wine, 2018. Available at: <https://daily.seventy.com/the-science-of-esters-in-wine/> (accessed date: 07.07.2023).
20. Grape wines, problems with the evaluation of their quality and regional origin / Yu.F. Yakuba, et. al. // Analytics and control. 2014. Vol. 4. P. 344-372. DOI: 10.15826/anali-tika.2014.18.4.001. (in Russian)
21. Prusova, B., Humaj, J., Sochor, J., Baron, M. Formation, Losses, Preservation and Recovery of Aroma Compounds in the Winemaking Process // Fermentation. 2022. Vol. 8(3). 93. DOI: 10.3390/fermentation8030093
22. Aromatic Higher Alcohols in Wine: Implication on Aroma and Palate Attributes during Chardonnay Aging / A.G. Cordente, et. al. // Molecules. 2021. Vol. 26(16). 4979. DOI: 10.3390/molecules26164979.
23. Ramon G., Pilar M. Wine secondary aroma: understanding yeast production of higher alcohols // Microb Biotechnol. 2017. Vol. 10. P. 1449-1450. DOI: 10.1111/1751-7915.12770.
24. Endogenous CO₂ Overpressure Effect on Higher Alcohols Metabolism during Sparkling Wine Production / M.d.C. González-Jiménez, et. al. // Microorganisms. 2023. Vol. 11 (7). 1630. DOI: 10.3390/microorganisms11071630.
25. Accumulation of Proline in Plants under Contaminated Soils / S. Spormann, et. al. // Antioxidants. 2023. Vol. 12 (3). 666. DOI: 10.3390/antiox12030666.
26. Simone V., Antonella C., Andrea C. Foamability of Prosecco wine: Cooperative effects of high molecular weight glycoproteins and wine PR-proteins // Food Hydrocolloids. 2014. Vol. 34. P. 202-207. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.09.016.