

# Изменение кавитационной десорбции игристых вин под влиянием экспедиционного ликера

Тараненко В.И.<sup>✉</sup>, Оселедцева И.В., Струкова В.Е.

Кубанский государственный технологический университет, 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2  
<sup>✉</sup>mi.vladka@gmail.com

**Аннотация.** Игристое вино характеризуется качеством пенистых и игристых свойств за счет связи химических компонентов, влияющих на органолептические показатели готовой продукции. Проведено исследование влияния экспедиционного ликера на процессы кавитации и установлено, что на концентрацию растворенного диоксида углерода экспедиционный ликер влияет напрямую. По классической технологии производства игристых вин были изготовлены контрольные образцы. За счет того, что эта технология включает «приз дё мусс», молекулы диоксида углерода прогрессировали и растворялись. Увеличивая степень диффузии в жидкости. Игристое вино бутылочного способа производства характеризуется мелкодисперсной пеной и высоким показателем давления, что наблюдается в образце-этalone без добавления экспедиционного ликера. В образце эталоне давление составляло 7 атм., что увеличило потенциал пенообразования и активировало процессы кавитации, которые привели к коалесценции пены. Процессы кавитации связаны с белками и аминокислотами. Белки отвечают за пенообразование, проявляя разворачивающую и адсорбционную способность на границе раздела газ-жидкость, а аминокислоты, в свою очередь, повышают вязкость вина за счет прочных связей. Добавление экспедиционного ликера привело к снижению давления на 3 атм., что позволило «умиротворить» вино и стабилизировало процесс «вскипания», который характеризуется взаимодействием тензиоактивных компонентов вина и молекулами растворенного диоксида углерода. Пенообразование контрольных образцов коррелирует напрямую с их химическим составом, который изменяется под влиянием экспедиционного ликера, а большее влияние в таком случае оказывают белки и аминокислоты, связанные с физическими параметрами пены. При исследовании влияния опытных дозировок экспедиционного ликера на пенообразующую способность было выявлено, что белки вина, связанные с патогенезом, разрушаются после внесения дозы. Такие белки устойчивы к протеазам (поэтому не разрушаются дрожжами во время ферментации), растворимы при низком значении pH (поэтому не выпадают в осадок во время ферментации) и имеют минимальное связывание с танином (не удаляются во время ферментации). В результате они являются основными белками, оставшимися после ферментации.

**Ключевые слова:** экспедиционный ликер; пенистые свойства; игристое вино; кавитация; коалесценция пены; органолептические показатели.

**Для цитирования:** Тараненко В.И., Оселедцева И.В., Струкова В.Е. Изменение кавитационной десорбции игристых вин под влиянием экспедиционного ликера // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(1):95-101. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.014.

# Changes in cavitation desorption of sparkling wines under the influence of dosage liqueur

Taranenko V.I.<sup>✉</sup>, Oseledtseva I.V., Strukova V.E.

Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya str., 350072 Krasnodar, Russia  
<sup>✉</sup>mi.vladka@gmail.com

**Abstract.** Sparkling wine is characterized by the quality of frothy and sparkling properties, due to the connection of chemical components which influence organoleptic indicators of a finished product. The effect of dosage liqueur on cavitation processes was studied. It was established that the concentration of dissolved carbon dioxide is directly correlated with the dosage liqueur. The control samples were prepared using classical technology of sparkling wine production. Due to the fact that this technology includes “prise de mousse”, carbon dioxide molecules are progressing and dissolving, increasing the degree of diffusion in the liquid. Sparkling wine of bottled champagnization is characterized by fine foam and high pressure, as observed in the reference sample without the addition of dosage liqueur. Pressure in the reference sample was 7 atm, which increased frothy potential and activated cavitation processes, leading to the foam coalescence. Cavitation processes are related to proteins and amino acids. Proteins are responsible for foaming by exhibiting the dissolving and adsorbing capacity at the gas-liquid interface, while amino acids increase the viscosity of wine due to strong bonds. The addition of dosage liqueur reduced the pressure by 3 atm, “pacifying” the wine and stabilizing the “boiling” process, which is characterized by interaction between tensio-active components of wine and the dissolved carbon dioxide molecules. Foaming of control samples correlates directly with their chemical composition, which changes under the influence of dosage liqueur. In this case greater influence is exerted by proteins and amino acids associated with physical parameters of foam. When investigating the effect of experimental proportions of dosage liqueur on foaming capacity, it was found that wine proteins associated with pathogenesis were destroyed after dosage application. These proteins are resistant to proteases (therefore they are not destroyed by yeast during fermentation), soluble at low pH (therefore they are not precipitated during fermentation), and have minimal binding to tannin (not removed during fermentation). As a result, these proteins are the basic proteins remaining after fermentation.

**Key words:** dosage liqueur; frothy properties; sparkling wine; cavitation; foam coalescence; organoleptic indices.

**For citation:** Taranenko V.I., Oseledtseva I.V., Strukova V.E. Changes in cavitation desorption of sparkling wines under the influence of dosage liqueur. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023;25(1):95-101. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.014 (in Russian).

## Введение

При производстве игристого вина по классической технологии особое внимание уделяют процес-

сам формирования игристых и пенистых свойств. Формирование так называемых «пузырьков» является очень важной составляющей не только в виноделии, но и в других научных областях. Например, в океанографии известно, что, когда океанская волна

разбивается, она может удерживать пузырьки воздуха, которые лопаются при достижении поверхности, выбрасывая капли аэрозоля в атмосферу. Данный механизм аналогично воспроизводится в бокале игристого вина [1].

С химической точки зрения игристые вина представляют собой многокомпонентные водно-спиртовые системы, перенасыщенные молекулами растворенного диоксида углерода. Как только откупоривается бутылка с игристым вином, происходит постепенное высвобождение молекул растворенного диоксида углерода, повторно способного к образованию пузырьков, так называемый процесс вскипания. Следует отметить, что примерно пять литров диоксида углерода должно выделиться из типичной бутылки игристого вина вместимостью 0,75 л [2].

«Приз дё мусс» – процесс придания игристым винам собственно «игристости» – вторичное спиртовое брожение по классической технологии. Во время этого процесса бутылки укупориваются, так что молекулы диоксида углерода не могут покинуть сосуд, а, следовательно, прогрессируют и растворяются в вине. Затем растворенные молекулы диоксида углерода и молекулы газообразного диоксида углерода под пробкой постепенно приходят в равновесие – по закону Генри, согласно которому парциальное давление данного газа над раствором пропорционально концентрации газа, растворенного в растворе. Для данного газа константа Генри сильно зависит от температуры. Чем ниже температура, тем выше константа Генри и, следовательно, тем выше растворимость.

Для типичного игристого вина, выработанного по классической технологии, постоянная температурная зависимость закона Генри, с термодинамической точки зрения, выражается уравнением Вант-Гоффа [3].

При вторичном брожении по классической технологии образуется примерно 12 г/дм<sup>3</sup> диоксида углерода в каждой бутылке. Таким образом, в типичной бутылке игристого вина вместимостью 750 мл содержится около 9 г молекул диоксида углерода, а давление составляет 5 бар. Это содержание растворенного диоксида углерода в жидкой фазе отвечает за образование пузырьков, когда бутылка откупоривается и вино наливается в бокал [4]. Растворенный диоксид углерода является очень важным параметром, так как он напрямую влияет на следующие органолептические свойства: частоту образования пузырьков, скорость роста поднимающихся пузырьков, очень характерное ощущение покалывания во рту и общее обонятельное восприятие игристых вин. [4]. Важно учитывать тот факт, что игристые вина также содержат много соединений, переходящих из винограда и дрожжей, которые могут влиять на стабильность пузырьков и высоту пены в бокале. Среди них белки вина считаются важными компонентами стабильности пены игристых вин [5].

Динамика абсорбции белка в матрице вина и ее влияние на формирование и стабильность пены в игристых винах до сих пор до конца не изучены. Образование пены зависит от белков проявлением бы-

строй адсорбционной и разворачивающейся способностью на границе раздела газ-жидкость, в то время как для устойчивости пены необходимо от белков образование прочных связей для предотвращения коалесценции пены [6]. Белки, способствующие образованию пены, не обязательно улучшают её стабильность, они, как правило, гибкие и имеют более низкую прочность молекулярной массы, что приводит к обнажению гидрофобных остатков [6]. При этом решающее значение для стабилизации имеют аминокислоты, взаимодействующие с дисульфидными связями [7]. К основным характеристикам стабилизаторов пены относят наличие свободных сульфгидрильных групп (-SH). Различные типы белков могут взаимодействовать друг с другом, что приводит к повышению вязкости, тем самым предотвращая коалесценцию пены.

Образование пены, ее стабильность и размер пузырьков в игристых винах напрямую зависят от поверхностного натяжения. Это можно определить как силу на единицу площади, которая поддерживает связь между молекулами на поверхности жидкости. Наличие поверхностно-активных веществ снижает поверхностное натяжение жидкости и допускает образование и сохранение пузырьков. После «приз дё мусс», когда бутылка уже открыта, разница между давлением в бутылке и атмосферным давлением приводит к растворению, и газ самопроизвольно покидает жидкость [8]. После того, как давление на поверхность жидкости снизилось, уравниваясь с атмосферным давлением, пузырьки продолжают формироваться внутри жидкости.

Доказано, что полисахариды винограда и дрожжей способны влиять на образование и устойчивость пены игристых вин [9], изучение эффективности добавления экзогенного полисахарида в составе экспедиционного ликера направлено на изменение коэффициента сопротивления виноматериала выделению диоксида углерода. Соединения, добавляемые в экспедиционный ликер непосредственно перед задачей в игристое вино, усиливают перляж, снижая поверхностное натяжение вина, что приводит к усилению шипения [10]. Таким образом, увеличивается объем пены, а скорость ее разрушения снижается, такие показатели характерны для пивоваренной продукции.

Природный гетерополисахарид гуммиарабик – полимер, который сильно разветвлен и состоит из звеньев арабинозы, рамнозы и галактозы, за счет чего он действует как адсорбирующий защитный коллоид, а это означает, что он обладает способностью защищать коллоидное вещество от флокуляции и осаждения в осадок. Коллоидное вещество защищено, когда достаточное количество защитных коллоидов окружает поверхность коллоидного вещества, предотвращая его агрегацию. Еще одним примером защитного коллоида являются маннопротеины [10].

Исследования в данной области сконцентрированы на изучении отдельных составляющих. Продолжительность существования пены напрямую связана со стабильностью пузырьков, а она зависит от состава

ва вина, который его поддерживает. В игристых винах пузырьки состоят из газа, окруженные пленкой компонентов вина. Эти тензиоактивные компоненты и другие субстойкие соединения придают вязкость пленке, придавая текстуру пузырьку. Liger-Belair G. показано, что потенциал пенистых свойств зависит от состава снижающих поверхностное натяжение соединений и тех соединений, которые увеличивают вязкость пленки между пузырьками. Этот фактор способствует стабилизации пены [11].

Соединения, снижающие поверхностное натяжение, образуются во время автолиза дрожжей. Однако длительное старение обходится дорого, поэтому применяют, например, инактивированные сухие дрожжи (IDY) в качестве дополнительного источника белков, маннопротеинов и полисахаридов [12]; маннопротеины – в качестве полисахаридов клеточных стенок дрожжей [12]; экзополисахарид, продуцируемый дрожжами, – в качестве моносахаридных составляющих [12].

Во время образования пены белок может быстро адсорбироваться на границе воздух-вода, снижая поверхностное натяжение, повышая вязкоупругость жидкой фазы, в конечном итоге образуя стабилизированную пленку. Следовательно, белок может стабилизировать пену в более длительном периоде времени из-за образования высокоэластичных сетей на поверхности пузырьков, по сравнению с низкомолекулярными поверхностно-активными веществами [13].

Соединения, повышающие вязкость пленки между пузырьками, являются поверхностно-активными веществами (ПАВ), потому что они действуют на поверхности между двумя фазами. Молекулы таких веществ имеют две отдельные части, содержащиеся в одной и той же молекуле, часть из которых растворима в воде, а другая – нерастворима.

К настоящему времени в научной литературе представлены результаты исследований по изучению влияния различных доз сахарозы на пенные свойства игристых вин. Результаты этих исследований показывают, что увеличение концентрации сахарозы улучшает пенообразование, но снижает стабильность пены [14]. При этом следует отметить тот факт, что экспедиционный ликер как источник сахаров содержит также летучие компоненты, фенольные соединения и аминокислоты. Экспедиционный ликер производится из виноматериала того тиража, из которого производится игристое вино. За счет добавляемой в этот виноматериал сахарозы и диоксида серы идет концентрирование и сохранение всех компонентов химического состава, что обеспечивает сбалансированное содержание по основным показателям: объемная доля этилового спирта, массовые концентрации сахаров, летучих и титруемых кислот.

Имеются научные данные о том, что применение некоторых веществ в качестве добавок не дает стойкого длительного результата, так как влияние данных веществ по факту было кратковременным и гиперболизированным [15]. То есть они усиливают эффект пенных свойств, но быстро снижают потенциал

новообразования пузырьков и нивелируют игристые показатели, чем ухудшают визуальную оценку игристого вина.

Экспедиционный ликер традиционно рассматривается как «*Similia similibus curantur*», потому что готовится из того же виноматериала. Таким же эффектом обладает и концентрированное виноградное сусло, которое добавляют вместо экспедиционного ликера; данный способ снижет трудоемкость процесса и обеспечивает постоянство органолептических показателей [16].

Таким образом, целью исследования являлась оценка влияния экспедиционного ликера в возрастающих концентрациях на состав и характеристики пенообразования игристого вина бутылочного способа производства.

#### Объекты и методы исследования

В качестве материалов исследований использовали вино игристое выдержанное кюве (брют) из сорта винограда Пино фран, произрастающего в ЗАО «ЗШВ «Новый Свет» (Республика Крым, г. Судак) и рабочие варианты экспедиционного ликера со следующими условиями: массовая концентрация сахаров 70 г/100 см<sup>3</sup>, объемная доля этилового спирта 11,5%, массовая концентрация титруемых кислот 7,0 г/дм<sup>3</sup>.

Технология производства ликера предусматривала смешивание высококачественного виноматериала с сахарозой путем растворения последней при перемешивании и последующую выдержку. Дозирование экспедиционного ликера из расчета содержания сахаров: для экстра брют (extra brut) – 4 г/дм<sup>3</sup>; для брют (brut) – 12 г/дм<sup>3</sup>; для сухого (extra dry) – 20 г/дм<sup>3</sup>; для полусухого (sec) – 35 г/дм<sup>3</sup>; для полусладкого (demi sec) – 50 г/дм<sup>3</sup>.

Исследования проводили с использованием программно-аппаратного комплекса «Анализатор пенообразования» и методики измерения показателя пенообразующей способности виноматериала, разработанной в Кубанском государственном технологическом университете (КубГТУ). Анализ пенообразующей способности проводили инструментальным методом.

Метод основан на измерении средней величины максимального объема пены анализируемой пробы вина, образовавшейся в результате пропускания регулируемого расхода диоксида углерода через определенный объем пробы. Методика измерения на анализаторе исследуемого критерия дает возможность фиксировать динамику образования и разрушения пены в автоматическом режиме, с последующим расчетом показателя пенообразующей способности.

При проведении анализа картина образования и разрушения пены отображается в режиме реального времени, по характеру которой можно прогнозировать состояние поверхностно-активных веществ (ПАВ) в вине.

Динамический метод определения пенообразующей способности различных сред, по которому средний объем пены пропорционален скорости прохождения газа через жидкость



$$H = f \frac{V}{\tau}, \quad (1)$$

где  $H$  – среднее значение максимального объема пены;  $V$  – объем газа, прошедшего через жидкость за время  $\tau$ ;  $f$  – коэффициент пропорциональности, величина постоянная для каждой пенообразующей жидкости.

Показатель пенообразующей способности определяется как

$$F = \frac{H_{\tau}}{V}. \quad (2)$$

Установлено, что процесс образования пены на поверхности игристого вина проходит три последовательные стадии.

В начальную стадию пена формируется за счет интенсивного, но кратковременного газового потока. В это время образуется основная масса пены, постепенно достигая предельного объема, зависящего от первоначального давления, температуры и состава вина.

Вторая стадия характеризуется стабилизацией слоя пены вследствие установления равновесия между образующимся и разрушающимся ее объемами. Основным условием, характеризующим эту стадию, является соблюдение равенства:

$$\frac{V_p}{V_g} = const, \quad (3)$$

где  $V_p$  – равновесный объем пены;  $V_g$  – объем  $CO_2$ , выделяющийся из вина за единицу времени.

В этой стадии, характерной для игристого вина и определяющей его пенистые качества, процесс стабилизации пены зависит от содержания в вине связанного диоксида углерода, поверхностно-активных веществ и от факторов, обуславливающих величину отрывных диаметров пузырьков, число действующих ядер кавитации, скорость роста и всплывания пузырьков.

Третья стадия начинается с момента уменьшения объема пены на поверхности игристого вина, когда скорость новообразования пены становится меньше скорости ее разрушения. Объем пены на поверхности вина в таком случае уменьшается вплоть до полного

ее распада. Для характеристики пенистых свойств игристых вин практическое значение имеет только вторая стадия. Помимо зрительного эффекта, пенообразование способствует восприятию тончайших оттенков букета и вкуса вина [17].

Помимо инструментального метода, дополнительно проводили визуальную оценку пенообразующей способности. Исследования проводили в лабораторных условиях кафедры технологии виноделия, бродильных производств, сахаристых и пищевкусных продуктов имени профессора А.А. Мержаниана ФГБОУ ВО «КубГТУ».

Экспериментальные образцы игристых вин: образец №1 – кюве, или контрольный образец, без добавления ликера; образец №2 – экстра брют, дозировка ликера из расчета 4 г/дм<sup>3</sup> сахаров; образец №3 – брют, дозировка ликера из расчета 12 г/дм<sup>3</sup> сахаров; образец №4 – сухое, дозировка ликера из расчета 20 г/дм<sup>3</sup> сахаров; образец №5 – полусухое, дозировка ликера из расчета 35 г/дм<sup>3</sup> сахаров; образец №6 – полусладкое, дозировка ликера из расчета содержания сахаров 50 г/дм<sup>3</sup> сахаров. Общее количество опытных образцов – 15 (из расчета трех вариантов на каждый образец).

### Результаты и их обсуждение

Экспедиционный ликер – сахаросодержащий продукт, приготовленный из розливостойкого вино-материала после окончания вторичного брожения с добавлением белого сахара высокой степени отчистки (без алкалоида бетаина) и лимонной кислоты.

Согласно полученным нами экспериментальным данным, при дозировках экспедиционного ликера для получения вина игристого экстра брют, брют, сухое, полусухое и полусладкое, в опытных образцах наблюдалось снижение пенообразующей способности до:  $D = 16,5$  с;  $H_{max} = 69,3$  мм;  $F = 10,2$ , в то время как увеличивается новообразование пузырьков, которые поддерживают игристые свойства готового продукта. Контрольный образец, в который экспедиционный ликер не дозировался, имел максимальную пенообразующую способность:  $D = 28$  с;  $H_{max} = 98,9$  мм;  $F = 25,7$  (рис. 1). Для образца эталона были характер-

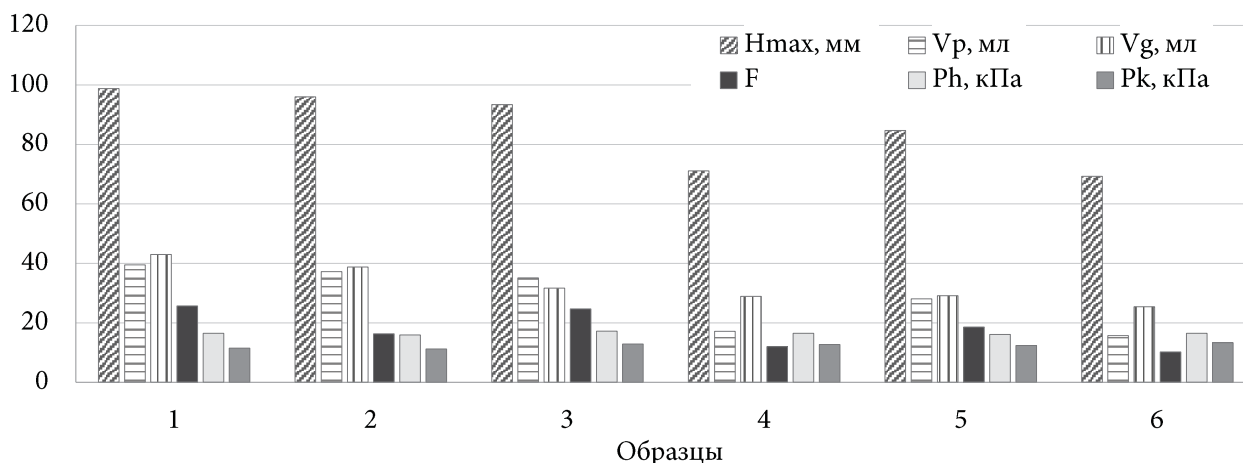


Рис. 1. Изменение пенообразующей способности в опытных образцах

Fig. 1. Changes in foaming capacity in control samples

ны следующие признаки: резкость аромата, агрессивный перляж, острое покалывание на языке, что соответствует показателям игристого вина, сброженного насухо.

Известно, что образование и стойкость пены напрямую зависят от химического состава игристого вина и синергетического взаимодействия между многочисленными активными пенообразователями, которые из-за совокупности образования или комплексобразования могут изменять их поверхностно-активные свойства. При этом наибольшее влияние оказывают белки, пептиды, аминокислоты, полисахариды, фенольные соединения, липиды, органические кислоты [18].

Согласно ранее проведенным исследованиям, способность контрольных образцов к пенообразованию напрямую коррелирует с их химическим составом, который подвергается изменению под влиянием экспедиционного ликера, при этом наибольшее влияние в данном случае оказывают аминокислоты и белки [19], которые связаны с физическими параметрами пены.

При исследовании влияния опытных дозировок экспедиционного ликера на пенообразующую способность было выявлено, что белки вина разрушаются после внесения дозажа. Игристые вина содержат большее или меньшее количество поверхностно активных макромолекул из винограда и дрожжей, которые играют основополагающую роль в продолжительности и качестве пузырьков в бокале. С самого рождения пузырьки поглощают диоксид углерода, их рост непосредственно связан с концентрацией растворенного в вине диоксида углерода. Затем пузырек отделяется от места образования и поднимается на поверхность. Во время своего путешествия он захватывает поверхностно-активные молекулы в вине. Когда пузырьки достигают поверхности вина, поверхностно активные макромолекулы играют свою защитную роль, продлевая продолжительность жизни пузырька и тем самым способствуя образованию кольца.

Помимо инструментального метода, была проведена визуальная оценка пенообразования, которая фиксировалась на качественную фотопленку в течение 1-10 с. Результаты наблюдения подтверждают данные, полученные с помощью инструментального метода (рис. 2-7).

Известно, что, несмотря на низкую концентрацию белка в экспериментальных образцах (от 4 до 16 мг/дм<sup>3</sup>), при стабилизации пены за счет осаждения на краю пузырька, гидрофобная сторона белка взаимодействует с газовой фазой, а гидрофильная сторона, взаимодействует с водной жидкой фазой. Поведение белков в пене зависит от их гидрофобности, растворимости и молекулярного веса. Все винные белки имеют положительный электрический заряд при pH вина, так как их изоэлектрическая точка выше pH среды [30]. Согласно этим данным, при внесении в опытные образцы экспедиционного ликера из расчета по сахарам: для экстра брют (extra brut) – 4г/дм<sup>3</sup>;



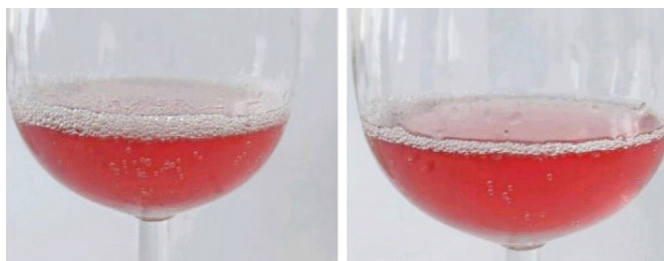
**Рис. 2.** Пенообразующая способность в образце №1  
**Fig. 2.** Foaming capacity in sample No.1



**Рис. 3.** Пенообразующая способность в образце №2  
**Fig. 3.** Foaming capacity in sample No.2



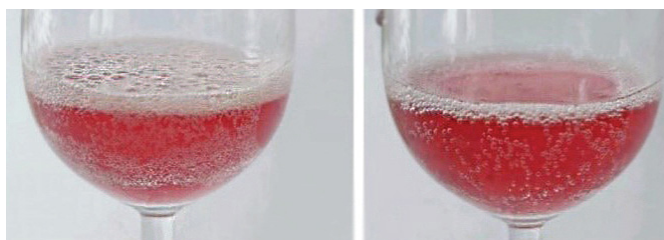
**Рис. 4.** Пенообразующая способность в образце №3  
**Fig. 4.** Foaming capacity in sample No.3



**Рис. 5.** Пенообразующая способность в образце №4  
**Fig. 5.** Foaming capacity in sample No.4



**Рис. 6.** Пенообразующая способность в образце №5  
**Fig. 6.** Foaming capacity in sample No.5



**Рис. 7.** Пенообразующая способность в образце №6  
**Fig. 7.** Foaming capacity in sample No.6



для брют (brut) – 12 г/дм<sup>3</sup>; для сухого (extra dru) – 20 г/дм<sup>3</sup>; для полусухого (sec) – 35 г/дм<sup>3</sup>; для полусладкого (demi sec) – 50 г/дм<sup>3</sup>, наблюдается снижение рН. Такое снижение рН после внесения экспедиционного ликера происходит потому, что присутствие полисахаридов сдвигает равновесие винной кислоты в сторону высвобождения протонов. При этом установлено, что в данных условиях наблюдается стабилизация пены. Это может быть обусловлено тем, что при снижении рН вина его белки имеют положительный заряд и могут мигрировать в границу раздела вино – воздух, тем самым стабилизируя пену. Таким образом достигается стабилизация пены, что визуально четко фиксируется в образце с наибольшим дозированием экспедиционного ликера (образец №6).

Согласно полученным нами данным, опытные образцы, в которые был добавлен экспедиционный ликер, характеризовалась более плотным кольцом пузырьков, которое оставалось стабильным в течение не менее 30 мин. после стабилизации пены. Экспериментально установлено, что пенообразующая способность образца эталона напрямую зависела от давления в бутылке: при падении давления в бутылке за счет внесения экспедиционного ликера с 7 до 4 атм. наблюдалось снижение пенообразования и активация процессов кавитации.

Учитывая тот факт, что формирование пузырьков в игристом вине осуществляется практически по схеме аналогичной формированию пузырьков в морской пене: в том и в другом случае отдельные пузырьки на поверхности лопаются, мириады поднимающихся вверх пузырьков схлопываются и расплывают над поверхностью множество мельчайших капелек, создавая освежающие аэрозоли, механизм диффузии ароматов так же будет аналогичен. Океанографами доказано, что в морской пене пузырьки несут поверхностно-активные вещества – сурфактанты, которые выбрасываются на поверхность океана в виде аэрозоля, усиливая аромат свежести [20]. Такое же характерное «шипение» характерно и для игристого вина, что в свою очередь позволяет раскрывать гораздо больше ароматов, чем в вине тихом.

### Выводы

Таким образом установлено, что внесение экспедиционного ликера в целом способствует увеличению новообразования пузырьков, которые способствуют длительному пенообразованию готового игристого вина за счет тензиоактивных компонентов, которые придают текстуру пузырьку. При дозировании экспедиционного ликера в количестве 35 г/дм<sup>3</sup> и 50 г/дм<sup>3</sup> (по сахару) опытные образцы характеризовались короной над поверхностью вина, покрывая ее полностью, с пузырьками в два-три ряда глубиной, которая поддерживалась процессом кавитации на протяжении получаса за счет снижения давления в бутылке. Данный результат обусловлен тем, что внесение экспедиционного ликера позволило поверхностно-активным веществам более легко подняться вверх из жидкости и перейти в аэрозоли, в результате чего образцы имели «химический отпечаток» с рас-

крытым ароматом игристого вина.

Экспериментально установлено, что экспедиционный ликер может использоваться в качестве средства, позволяющего регулировать вкус игристых вин путем устранения резкости и грубости с возможностью пролонгирования их пенистых и игристых свойств.

### Источник финансирования

Не указан.

### Financing source

Not specified.

### Конфликт интересов

Не заявлен.

### Conflict of interests

Not declared.

### Список литературы / References

1. OIV's Focus. The sparkling wine market. <http://www.oiv.int/public/medias/3098/les-vins-effervescent-en-complet.pdf> (date of application: 06.07.2017).
2. Liger-Belair G. Effervescence in champagne and sparkling wines: from grape harvest to bubble rise. *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 2017;226:3–116. DOI 10.1140/epjst/e2017-02678-7.
3. Kemp B., Condé B., Jégou S., Howell K., Vasserot Y., Marchal R. Chemical compounds and mechanisms involved in the formation and stabilization of foam in sparkling wines. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019;59:2072–2094. DOI 10.1080/10408398.2018.1437535.
4. Medina-Trujillo L., Matias-Guiu P., López-Bonillo F., Canals J.M., Zamora F. Physicochemical characterization of the foam of white and rosé base wines for sparkling wine production (AOC Cava). *American Journal of Enology and Viticulture.* 2017;68(4):485–495.
5. Urion K.C., Bellat J., Liger-Belair G., Gougeon R.D., Karbowiak T. Unravelling CO<sub>2</sub> transfer through cork stoppers for Champagne and sparkling wines. *Food Packaging and Shelf Life. Materials Science.* 2021;27:100618. DOI:10.1016/j.FPSL.2020.100618.
6. Martínez-García R., García-Martínez T., Puig-Pujol A., Mauricio J.C., Moreno J. Changes in sparkling wine aroma during the second fermentation under CO<sub>2</sub> pressure in sealed bottle. *Food Chem.* 2017;237:1030–1040. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.06.066.
7. Condé B.C., Bouchard E., Culbert J.A., Wilkinson K.L., Fuentes S., Howell K.S. Soluble protein and amino acid content affects the foam quality of sparkling wine. *J. Agric. Food Chem.* 2017;65:9110–9119. DOI 10.1021/acs.jafc.7b02675.
8. González-Jiménez M.d.C., García-Martínez T., Puig-Pujol A., Capdevila F., Moreno-García J., Moreno J., Mauricio J.C. Biological processes highlighted in *Saccharomyces cerevisiae* during the sparkling wines elaboration. *Microorganisms.* 2020;8:1216. DOI 10.3390/microorganisms8081216.
9. Porrás-Agüera J.A., Román-Camacho J.J., Moreno-García J., Mauricio J.C., Moreno J., García-Martínez T. Effect of endogenous CO<sub>2</sub> overpressure on the yeast “stressome” during the “prise de mousse” of sparkling wine. *Food Microbiol.* 2020;89:103431. DOI 10.1016/j.fm.2020.103431.
10. Макаров А.С., Шмигельская Н.А., Максимовская В.А. Влияние применения гуммиарабика на качество различных типов вин // «Магарач. Виноградарство и виноделие». 2022;24(1):84–89. DOI 10.35547/IM.2022.54.77.013. Makarov A.S., Shmigelskaia N.A., Maksimovskaia V.A. The effect of using gum arabic on the quality of different types of wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking.* 2022;24(1):84–89. DOI 10.35547/IM/2022/54.77.013 (in Russian).

11. McMahon K.M., Culver C., Ross C. The production and consumer perception of sparkling wines of different carbonation levels. *Chem. Journal of Wine Research*. 2017; 28(2):1-12. DOI 10.1080/09571264.2017.1288092.
12. Liu P.H., Vrigneau C., Salmon T., Hoang D.A., Robillard B., Jegou S., Marchal R. Influence of grape berry maturity and pressing cycle on champagne base wine composition. *Wine Active Compounds Congress*. 2017; 29-31. DOI:10.13140/RG.2.2.15551.41121.
13. Culbert J., McRae J. M., Conde B., Schmidtke L. M., Nicholson E., Smith P. A., Howell K., Boss P. K., Wilkinson K. L. Influence of production method on the chemical composition, foaming properties and quality of Australian carbonated and sparkling white wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2017;65(7):1378-1386. DOI 10.1021/acs.jafc.6b05678.
14. Martínez-García R., Moreno J., Bellincontro A., Centioni L., Puig-Pujol A., Peinado R.A., Mauricio J.C., García-Martínez T. Using an electronic nose and volatilome analysis to differentiate sparkling wines obtained under different conditions of temperature, ageing time and yeast formats. *Food Chem.* 2021;334:127574. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.127574.
15. Chen F.P., Li B.S., Tang C.H. Nanocomplexation between curcumin and soy protein isolate: influence on curcumin stability / bioaccessibility and in vitro protein digestibility. *J. Agric Food Chem.* 2015;63(13):3559-3569. DOI 10.1021/acs.jafc.5b00448.
16. Iseppi A., Marangon M., Vincenzi S., Lomolino G., Curioni A., Divol B. A novel approach for the valorization of wine lees as a source of compounds able to modify wine properties. *LWT*. 2021; 136:110274. DOI 10.1016/j.lwt.2020.110274.
17. Liger-Belair G., Cilindre C. Recent progress in the analytical chemistry of champagne and sparkling wines. *Annual Review of Analytical Chemistry*. 2021;14:21-46. DOI 10.1146/annurev-anchem-061318-115018.
18. Тараненко В.И., Оселедцева И.В., Струкова В.Е. Технологическая оценка влияния экспедиционного ликера на протекание глюкозо-пролиновой реакции Майяра и изменение состава игристого вина. *Пищевая технология*. 2022;0579-3009. DOI 10.26297/0579-3009.2022.2-3.4. Taranenko V.I., Oseledtseva I.V., Strukova V.E. Technological assessment of the effect of forward liquor on the course of glucose-proline Mayard reaction and changes in the composition of sparkling wine. *Food technology*. 2022;0579-3009. DOI 10.26297/0579-3009.2022.2-3.4 (in Russian).
19. Cochran R.E., Ryder O.S., Grassian V.H., Prather K.A. Sea spray aerosol: the chemical link between the oceans, atmosphere, and climate. *Acc. Chem. Res.* 2017;50:599-604. DOI 10.1021/acs.accounts.6b00603.
20. Moriaux A.L., Vallon R., Lecasse F., Chauvin N., Parvitte B., Zéninari V., Liger-Belair G., Cilindre C. How does gas-phase CO<sub>2</sub> evolve in the headspace of champagne glasses? *J. Agric. Food Chem.* 2021;69:2262-2270. DOI 10.1021/acs.jafc.0c02958.

### Информация об авторах

**Влада Игоревна Тараненко**, аспирант кафедры технологии виноделия, броидильных производств, сахаристых и пищевкусных продуктов имени профессора А.А. Мержаниана; e-мейл: mi.vladka@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4178-6479>;

**Инна Владимировна Оселедцева**, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии виноделия, броидильных производств, сахаристых и пищевкусных продуктов имени профессора А.А. Мержаниана; e-мейл: ivovino@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3093-6577>;

**Вера Евгеньевна Струкова**, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии виноделия, броидильных производств, сахаристых и пищевкусных продуктов имени профессора А.А. Мержаниана; e-мейл: fino1925@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2353-5094>.

### Information about authors

**Vlada I. Taranenko**, Postgraduate, Department of Technology of Winemaking, Fermentation, Sugar and Food Products named after Prof. A.A. Merzhanian; e-mail: mi.vladka@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4178-6479>;

**Inna V. Oseledtseva**, Dr. Techn. Sci., Professor, Department of Technology of Winemaking, Fermentation, Sugar and Food Products named after Prof. A.A. Merzhanian; e-mail: ivovino@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3093-6577>;

**Vera E. Strukova**, Cand. Techn. Sci., Associate Professor, Department of Technology of Winemaking, Fermentation, Sugar and Food Products named after Prof. A.A. Merzhanian; e-mail: fino1925@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2353-5094>.

Статья поступила в редакцию 14.01.2023, одобрена после рецензии 31.01.2023, принята к публикации 21.02.2023