

Научная статья  
УДК 633.256  
doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-138-144

## Биохимические процессы при вторичном брожении яблочных соков и хранении игристых вин

Алим Борисович Хоконов<sup>1</sup>, Мадина Борисовна Хоконова<sup>✉2</sup>

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект  
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>1</sup>alimkhokonov@mail.ru

<sup>✉2</sup>dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

**Аннотация.** Яблочные игристые вина характеризуются не только общими для всех вин этого типа пенистыми и игристыми свойствами, но также свежестью и легкостью вкуса, являющихся результатом гармоничного сочетания вкусовых качеств плодового сока и продуктов его брожения на фоне невысокой спиртуозности и малой окисленности. Целью исследования являлось изучение основных физико-химических показателей и количества дрожжевых клеток при подбраживании – деаэрации и брожении яблочного сока и вина. Объектами исследований служили зимние сорта яблок Айдаред, Джонатан, Ренет Симиренко, Флорина, яблочные виноматериалы и готовое вино. Химический состав и качество плодов и виноматериалов определяли по общепринятым методикам в виноделии. Установлено, что в течение суток снижение окислительно-восстановительного потенциала (ОВ-потенциала) при деаэрации бродильной смеси для яблочного сидра происходит в пределах 8-20 мВ, причем, чем выше потенциал исходный, тем эффективнее его снижение. В первые 3-5 дней во всех образцах наблюдалось снижение ОВ-потенциала в среднем на 50-71 мВ. Затем потенциал в основном оставался на этом уровне без изменений. Исследования показали, что при подбраживании натурального сброженного сока со свежесведенной разводкой винных дрожжей количество клеток через 2 суток увеличивается более чем в 2,7 раза, а через 5 суток – почти в 4,5 раза, достигая 31 млн/мл. Наиболее интенсивное размножение дрожжей наблюдается на 2-3 сутки брожения. Одновременно происходит резкое снижение содержания азота аммиака, аминного азота и кислорода. Снижение содержания кислорода и перекисей в свою очередь сопровождается значительным снижением ОВ-потенциала бродящего сула. После 5 суток брожения количество дрожжевых клеток увеличивается в 4,4 раза при полном использовании азотистого питания, особенно азота аммиака, а также кислорода. Увеличение исходной спиртуозности сброженного сока до 8,5% об. снижает скорость размножения дрожжей.

**Ключевые слова:** окислительно-восстановительный потенциал, яблочные виноматериалы, брожение, деаэрация, скорость ассимиляции, размножение дрожжей

**Для цитирования.** Хоконов А. Б., Хоконова М. Б. Биохимические процессы при вторичном брожении яблочных соков и хранении игристых вин // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. 3(37). С. 138–144. doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-138-144

Original article

## Biochemical processes during secondary fermentation of apple juice and storage of sparkling wines

Alim B. Khokonov<sup>1</sup>, Madina B. Khokonova<sup>✉2</sup>

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,  
Russia, 360030

<sup>1</sup>alimkhokonov@mail.ru

<sup>✉2</sup>dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

**Abstract.** Apple sparkling wines are characterized not only by the foamy and sparkling properties common to all wines of this type, but also by freshness and lightness of taste, which are the result of a harmonious combination of the taste qualities of fruit juice and its fermentation products against the background of low alcohol content and low oxidation. The aim of the study was to change the main physical and chemical parameters and the number of yeast cells during fermentation – deaeration and fermentation of apple juice and wine. The objects of research were winter varieties of apples Idared, Jonathan, Renet Simirenko, Florina, apple wine materials and finished wine. The chemical composition and quality of fruits and wine materials were determined according to generally accepted methods in winemaking. It has been established that during the day, the decrease in the R potential during deaeration of the fermentation mixture for apple cider occurs within the range of 8-20 mV, and the higher the initial potential, the more effective its reduction. In the first 3-5 days, a decrease in the R potential by an average of 50-71 mV was observed in all samples. Then the potential basically remained at this level without changes. Studies have shown that when fermenting natural fermented juice with freshly introduced wine yeast, the number of cells after 2 days increases by more than 2.7 times, and after 5 days – almost 4.5 times, reaching 31 million/ml. The most intensive reproduction of yeast is observed on the 2nd-3rd day of fermentation. At the same time, there is a sharp decrease of ammonia nitrogen, amine nitrogen and oxygen in the content. A decrease in the content of oxygen and peroxides, in turn, is accompanied by a significant decrease in the R potential of the fermenting must. After 5 days of fermentation, the number of yeast cells increases by 4.4 times with the full use of nitrogen nutrition, especially ammonia nitrogen, as well as oxygen. The increase in the initial alcohol content of the fermented juice to 8.5% vol. reduces the rate of yeast growth.

**Keywords:** redox potential, apple wine materials, fermentation, deaeration, assimilation rate, yeast propagation

**For citation.** Khokonov A.B., Khokonova M.B. Biochemical processes during secondary fermentation of apple juice and storage of sparkling wines. *Izvestija of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022; 3(37):138–144. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-138-144

**Введение.** Яблочные игристые вина характеризуются не только общими для всех вин этого типа пенистыми и игристыми свойствами, но также свежестью и легкостью вкуса, являющихся результатом гармоничного сочетания вкусовых качеств плодового сока и продуктов его брожения на фоне невысокой спиртуозности и малой окисленности [1, 2]. Уровень окисленности вина, как известно, определяется интенсивностью окисления составных его частей, которая суммарно поддается измерению и характеризуется величиной ОВ-потенциала. При помощи «наблюдаемого» ОВ-потенциала вина можно судить о состоянии вина с точки зрения процессов окисления и восстановления.

При смешении двух окислительно-восстановительных систем, имеющих одинаковые рН, но разные потенциалы, реакция происходит до тех пор, пока потенциалы обеих систем не выравняются.

Потенциал кислородной системы в водном растворе при любом давлении может быть выражен уравнением

$$E = E_h + \frac{RT}{4F} \ln [O_2],$$

где:

$E$  – потенциал кислородной системы;

$E_h$  – нормальный потенциал системы при 25°C;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – абсолютная температура;

$F$  – постоянная Фарадея;

$[O_2]$  – давление кислорода.

Из этого уравнения следует, что даже весьма малые давления кислорода в присутствии систем, активирующих кислород, дают в водных растворах высокие значения ОВ-потенциала. Ограничение доступа кислорода воздуха к виноматериалам следует рассматривать как меру, специально направленную к понижению уровня ОВ-потенциала.

Некоторые исследователи [2] считают, что основной окислительно-восстановительной системой вина являются соли тяжелых металлов. Однако следует учитывать, что обычное содержание металлов в вине – Fe до 10 мг/л, Cu до 3 мг/л – не может существенно влиять на потенциал.

Одним из главных требований к подготавливаемому для вторичного брожения купажу является снижение окислительных процессов. Вредное действие кислорода выражается в изменении окраски, появлении грубости во вкусе, снижении аромата.

Известно, что брожение суслу протекает обычно при низком ОВ-потенциале.

Повышение температуры брожения до 25-30°C способствует быстрому забраживанию и резкому снижению Eh в начале брожения.

ОВ-потенциал бродящего суслу находится в определенной зависимости от состояния дрожжей [3]. Установлено, что минимальная величина Eh достигается тем скорее, чем выше температура брожения, и соответствует концу логарифмической фазы роста дрожжей. В случае аэрации суслу в процессе брожения минимальная величина ОВ-потенциала достигается медленнее, т. е. примерно на седьмой день брожения, а неаэрированного – на четвертый.

**Целью исследования** являлось изменение основных физико-химических показателей и количества дрожжевых клеток при подбраживании – деаэрации и брожении яблочного сока и вина.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектами исследования служили зимние сорта яблок Айдаред, Джонатан, Ренет Симиренко, Флорина, яблочные винома- териалы и готовое вино. Химический состав и качество плодов и винома- териалов определяли по общепринятым методикам в виноделии.

Для изучения влияния пастеризации сброженных яблочных соков перед вторичным брожением на характер изменения ОВ-потенциала сброженные соки, хранившиеся на остаточном осадке винных дрожжей, подвергали обработке суспензией бентонита в количестве 0,1% и полиакриламида в количестве 5 мг/л с последующей фильтрацией и пастеризовали.

Пастеризованный винома- териал направлялся в подбраживатель-деаэратор, в который вводили разводку чистой культуры винных дрожжей в количестве 8-10% по отношению к объему всей бродильной смеси (1 мл разводки должен содержать 140-190 млн клеток). При приготовлении сидра игристого подбраживание-деаэрация производилась в течение суток при комнатной темпе-

ратуре и атмосферном давлении. Подбраживание-деаэрация в процессе производства спиртуозностью 8-10% об. при аналогичной дозировке дрожжевой разводки и содержания введенного сахара в количестве 8-10% продолжалась 6-8 суток.

**Результаты исследования.** Из результатов исследования видно, что в течение суток снижение ОВ-потенциала при деаэрации бродильной смеси для яблочного сидра происходит в пределах 8-20 мВ, причем, чем выше потенциал исходный, тем эффективнее его снижение (табл. 1).

**Таблица 1.** Влияние подбраживания-деаэрации на изменение ОВ-потенциала бродильной смеси для игристого сидра

**Table 1.** The effect of fermentation-deaeration on the change in the RH potential of the fermentation mixture for sparkling cider

Образец	Величина Eh, мВ		
	перед подбраживанием	после подбраживания	снижение
Айдаред	383	363	20
Джонатан	357	346	11
Ренет Симиренко	369	358	11
Флорина	343	335	8

При сравнительно низкой величине исходного ОВ-потенциала (343 мВ) снижение его менее заметно (8 мВ).

Несколько иная закономерность в изменении ОВ-потенциала наблюдалась в процессе подбраживания бродильной смеси для яблочного игристого вина крепостью 10% об. (табл. 2).

В первые 3-5 дней во всех образцах наблюдалось снижение ОВ-потенциала в среднем на 50-71 мВ. Затем потенциал в основном оставался на этом уровне без изменений. Резкое снижение величины ОВ-потенциала в первые дни брожения можно объяснить поглощением находящегося в винома- териале кислорода в связи с размножением дрожжей – биологическая деаэрация.

После окончания нагревания бродильную смесь охлаждали до 15°C и вторичное брожение вина проводили в том же резервуаре при периодическом способе производства

игристого [4]. При непрерывном способе после 48 ч нагревания при 36-40°C температуру повышали до 60-65°C для пастеризации

вина; затем вино охлаждали, фильтровали и подавали в напорный резервуар, используя давление углекислоты.

**Таблица 2.** Влияние подбраживания-деаэрации на изменение ОВ-потенциала бродильной смеси для яблочного игристого вина

**Table 2.** The effect of fermentation-deaeration on the change in the RH-potential of the fermentation mixture for apple sparkling wine

Образец	Величина Eh, мВ								снижение
	исходная	после подбраживания, сут							
		1	2	3	4	5	6	7	
Айдаред	375	367	340	333	323	320	320	319	55
Джонатан	366	357	344	341	295	298	295	297	69
Ренет Симиренко	372	365	356	343	323	323	322	322	50
Флорина	356	317	290	282	285	284	285	285	71

Существуют и другие способы обескислороживания виноматериалов: обработка водородом и обескислороживание вина в потоке. При поточном методе обескислороживания вина ассимиляция больших количеств кислорода протекает очень медленно, она длится несколько месяцев в зависимости от содержания растворенного кислорода в исходном материале [5]. Известно, что при этом способе весь растворенный кислород расходуется на окисление компонентов вина; однако при длительной выдержке ОВ-потенциал вина никогда не снижается до ОВ-потенциала вина, обескислороженного биологическим путем.

Преимущество биологического метода обескислороживания вина состоит в том, что дрожжи в присутствии сахара энергично ассимилируют растворенный в вине кислород и этим предотвращают окислительные процессы [6–8].

В таблице 3 показана скорость ассимиляции растворенного в вине кислорода дрожжами.

Из этих данных видно, что дрожжи быстро ассимилируют растворенный кислород и после 5 дней подбраживания его остается очень немного.

Процесс биологического обескислороживания является важным этапом в подготовке виноматериала к брожению в производстве не только шампанского, но и яблочных игристых вин. Помимо биологического обескислороживания, при подбраживании – деаэрации сидрового материала происходит размножение дрожжей и их адаптация, что

имеет важное значение с точки зрения интенсификации процесса вторичного брожения, так как в производстве яблочных игристых вин дополнительное введение дрожжевой разводки может не применяться [9, 10].

**Таблица 3.** Скорость ассимиляции растворенного кислорода биологическим методом

**Table 3.** The rate of assimilation of dissolved oxygen by biological method

Время определения	Количество растворенного O <sub>2</sub> , мг/л	Eh, мВ
До перекачки	0,6	365,2
После перекачки насосом	4,5	435,3
После добавления сахара и дрожжей	4,0	427,8
После выдержки в течение определенного периода, сут:		
Первые	2,2	395,7
Вторые	0,9	355,6
Третьи	0,5	326,3
Четвертые	0,2	305,9
Пятые	0,0	285,6

Исследовались размножение дрожжей и изменение содержания азотистых веществ, кислорода, перекисей и других показателей при подбраживании-деаэрации в зависимости от исходной спиртуозности сброженного сока.

Исследования показали (табл. 4), что при подбраживании натурального сброженного сока со свежесведенной разводкой винных

дрожжей количество клеток через 2 суток увеличивается более чем в 2,7 раза, а через 5 суток – почти в 4,5 раза, достигая 31 млн/мл.

**Таблица 4.** Изменение основных физико-химических показателей и количества дрожжевых клеток при подбраживании – деаэрации и брожении под возрастающим давлением

**Table 4.** Changes in the main physico-chemical parameters and the number of yeast cells during fermentation – deaeration and fermentation under increasing pressure

Показатели	Подбраживание инокуляция при температуре 20°C и атмосферном давлении						Брожение при температуре 15°C под давлением, МПа		
	Продолжительность брожения, сут								
	0	1	2	3	4	5	2	5	9
Показания прецизионного рефрактометра	34,6	34,0	33,0	31,3	29,8	28,1	21,7	20,5	19,6
Спирт, % об.	6,1	6,5	6,7	6,9	7,2	7,7	7,9	8,3	8,8
Редуцирующие сахара, %	7,0	6,4	5,9	5,5	4,0	4,5	3,0	2,75	2,0
Титруемая кислотность, г/л	3,33	3,33	3,32	3,22	3,14	3,14	3,14	3,14	3,15
pH	6,57	6,59	6,63	6,70	6,83	6,89	6,88	6,88	6,81
Количество дрожжевых клеток, млн/мл	7	11	19	25	30	31	37	38	47
Азот общий, мг/л	134,7	117,2	89,2	69,3	54,6	39,8	34,0	28,4	38,5
Азот аминный, мг/л	29,0	32,0	30,5	25,5	20,5	20,0	14,0	13,5	10,5
Азот аммиака, мг/л	78,0	68,0	44,0	23,0	7,0	1,5	1,0	0,5	0,5
Ох, мг/л	2,6	2,51	1,26	0,52	0,36	0,23	0,27	0,19	0,14
Оп, мг/л	1,45	1,50	0,58	0,18	0,24	0,18	0,20	0,14	0,02
Ор, мг/л	1,15	1,01	0,68	0,34	0,12	0,05	0,07	0,05	0,03
ОВ-потенциал, мВ	375	364	353	338	328	315	325	316	328

При дальнейшем брожении под давлением количество дрожжей увеличивается в среднем на 50% по сравнению с конечным при подбраживании-деаэрации. Параллельно с накоплением дрожжевых клеток происходит снижение содержания азотистых веществ [11, 12].

Следует отметить, что ассимиляция свободного кислорода размножающимися дрожжами, а также кислорода перекисей в процессе подбраживания-деаэрации сопровождается резким снижением величины ОВ-потенциала (60 мВ). Это свидетельствует о том, что в системе преобладают процессы восстановления, что весьма важно для качества готового продукта.

**Выводы.** Таким образом, наиболее интенсивное размножение дрожжей наблюдается на 2-3 сутки брожения. Одновременно происходит резкое снижение содержания азота аммиака, аминного азота и кислорода. Снижение содержания кислорода и перекисей в свою очередь сопровождается значительным снижением ОВ-потенциала бродящего сула. После 5 суток брожения количество дрожжевых клеток увеличивается в 4,4 раза при полном использовании азотистого питания, особенно азота аммиака, а также кислорода. Увеличение исходной спиртуозности сброженного сока до 8,5% об. снижает скорость размножения дрожжей.

## Список литературы

1. Белокурова Е. С. Биотехнология продуктов брожения: учебное пособие. СПб.: СПбГТЭУ, 2015. 64 с.
2. Беспоместных К. В., Беспоместных Н. В. Оценка качества плодов ирги круглолистной при производстве плодово-ягодного вина // Сборник статей по материалам конференции. Краснодар, 2021. С. 31–35.
3. Хоконова М. Б., Дзахмишева И. Ш., Хоконов А. Б. Влияние качества сырья на состав и условия брожения яблочного сока // Пищевая промышленность, 2021. № 11. С. 92–95.
4. Хоконова М. Б., Терентьев С. Е. Изменение состава соков при их спиртовании и хранении // Пиво и напитки, 2016. № 5. С. 32–34.
5. Хоконова М. Б., Хоконов А. Б. Изменение качества безалкогольных напитков при хранении // Сборник избранных статей по материалам научных конференций. Санкт-Петербург, 2020. С. 118–120.
6. Гусев М. В., Минеева Л. А. Биохимия растительного сырья: учебное пособие. 4-е изд., стер. Москва: Академия, 2003. 464 с.
7. Елисеева Л. Г., Иванова Т. Н., Евдокимова О. В. Товароведение и экспертиза продуктов переработки плодов и овощей: учебное пособие. Москва: Дашков и Ко, 2009. 367 с.
8. Неверова О. А., Гореликова Г. А., Позняковский В. М. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения. Новосибирск: Сибирского университета изд-во, 2007. 416 с.
9. Романова Е. В., Введенский В. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства: учебное пособие. Москва: Российский университет дружбы народов, 2012. 188 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
10. Скрипников Ю. Г. Производство вин: учебное пособие. Мичуринск: изд-во МичГАУ, 2007. 54 с.
11. Неменуцкая Л. А., Степанищева Н. М. Современные технологии хранения и переработки плодово-овощной продукции. Москва: Росинформагротех, 2009. 172 с.
12. Цапалова И. Э. Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей: учебное пособие. Новосибирск: Сибирского университета изд-во, 2003. 271 с.

## References

1. Belokurova E.S. Biotekhnologiya produktov brozheniya: uchebnoe posobie. St. Petersburg: SPbGTEU, 2015. 64 p. (In Russ.)
2. Bespomestnyh K.V., Bespomestnyh N.V. Evaluation of the quality of fruits of round-leaved shadberry in the production of fruit and berry wine. *Sbornik statej po materialam konferencii* [Collection of articles based on conference materials]. Krasnodar. 2021:31–35. (In Russ.)
3. Khokonova M.B., Dzahmisheva I.Sh., Khokonov A.B. Influence of the quality of raw materials on the composition and fermentation conditions of apple juice. *Food processing industry*. 2021;(11):92–95. (In Russ.)
4. Khokonova M.B., Terent'ev S.E. The composition changing of the juice in their fortification and storage. *Beer and beverages*. 2016;(5):32–34. (In Russ.)
5. Khokonova M.B., Khokonov A.B. Changes in the quality of soft drinks during storage. *Sbornik izbrannyh statej po materialam nauchnyh konferencij* [Collection of selected articles based on materials of scientific conferences]. SPb. 2020: 118–120. (In Russ.)
6. Gusev M.V., Mineeva L.A. Biohimiya rastitel'nogo syr'ya [Biochemistry of plant raw materials]: uchebnoe posobie. Moscow: Akademiya, 2003. 464 p. (In Russ.)
7. Eliseeva L.G., Ivanova T.N., Evdokimova O.V. *Tovarovedenie i ekspertiza produktov pererabotki plodov i ovoshchej* [Commodity research and examination of products of processing of fruits and vegetables]: uchebnoe posobie. Moscow: Dashkov i Ko, 2009. 367 p. (In Russ.)
8. Neverova O.A., Gorelikova G.A., Poznyakovskij V.M. *Pishchevaya biotekhnologiya produktov iz syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya* [Food biotechnology of products from raw materials of plant origin]. Novosibirsk: Sibirskogo universiteta izd-vo, 2007. 416 p. (In Russ.)
9. Romanova E.V., Vvedenskij V.V. *Tekhnologiya hraneniya i pererabotki produkcii rastenievodstva* [Technology of storage and processing of crop products]: uchebnoe posobie. Moscow: Rossijskij universitet druzhby narodov, 2012. 188 p. [Electronic resource]. Access mode: <http://biblioclub.ru> (In Russ.)
10. Skripnikov Yu.G. *Proizvodstvo vin* [Wine production]: uchebnoe posobie. Michurinsk: izd-vo MichGAU, 2007. 54 p. (In Russ.)

11. Nemenushchaya L.A., Stepanishcheva N.M. *Sovremennye tekhnologii hraneniya i pererabotki plodoovoshchnoj produkcii*. [Modern technologies for storage and processing of fruits and vegetables]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2009. 172 p. (In Russ.)

12. Capalova I.E. *Ekspertiza produktov pererabotki plodov i ovoshchej* [Examination of products of processing fruits and vegetables]: uchebnoe posobie. Novosibirsk: Sibirskogo universiteta izd-vo, 2003. 271 p. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторах

**Хоконов Алим Борисович** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», Author ID: 1153164

**Хоконова Мадина Борисовна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4098-3325, AuthorID: 467141, Scopus ID: 57203266828

#### Information about the authors

**Alim B. Khokonov** – Postgraduate student, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Author ID: 1153164

**Madina B. Khokonova** – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, Professor of the department of technology production and processing of agricultural product, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4098-3325, Author ID: 467141, Scopus ID: 57203266828

---

**Авторский вклад.** Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Author's contribution.** All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

---

*Статья поступила в редакцию 12.08.2022;  
одобрена после рецензирования 02.09.2022;  
принята к публикации 06.09.2022.*

*The article was submitted 12.08.2022;  
approved after reviewing 02.09.2022;  
accepted for publication 06.09.2022.*