DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-66-73
УДК 663.35

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РАС ДРОЖЖЕЙ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ ВИН ИЗ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

А. Л. Панасюк[1], С. С. Макаров[2, *]

[1]ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, Россия, 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7

[2] ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», Россия, 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73

**e-mail: mak210@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 27.12.2017
Дата принятия в печать: 16.03.2018

© А. Л. Панасюк, С. С. Макаров, 2018

Аннотация. Брожение является важнейшим технологическим этапом при производстве вин. Цель работы – определение зависимости качественных показателей виноматериала из черной смородины от расы используемых дрожжей. Изучено влияние расы дрожжей на динамику брожения черносмородинового сусла, образование вторичных продуктов, состав биологически активных веществ и антиоксидантную активность получаемого виноматериала. В работе использовали дрожжи-сахаромицеты двух видов: *Saccharomyces vini* – Черносмородиновая 7, К-17, Москва 30, Вишневая 33, К-72, и *Saccharomyces cerevisiae* – «Red Fruit», WET 136, LW 317-29, UWY SP-1. Массовую концентрацию суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли спектрофотометрическим методом с реактивом Фолина – Чокальтеу. Массовую концентрацию аскорбиновой кислоты определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Измерение антиоксидантной активности проводили с использованием модифицированного ABTS-метода на приборе Shimadzu UV-1600 (Япония). Установлено, что расы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* обладали более высокой бродильной активностью, чем расы отечественных чистых культур *Saccharomyces vini*. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* превосходили дрожжи *Saccharomyces vini* по степени утилизации сахаров и образованию этилового спирта. Показано, что проведение брожения на дрожжах *Saccharomyces cerevisiae*, обладающих высокой ферментативной активностью, приводит к росту концентрации метанола на 33–57 % и снижению концентрации аскорбиновой кислоты на 69–83 % по сравнению с образцами виноматериалов, полученными с использованием дрожжей *Saccharomyces vini*. Установлено, что концентрация фенольных соединений в виноматериале зависит от длительности контакта с дрожжами и от используемой расы. Установлено, что на величину антиоксидантной активности продукта в большей степени влияет концентрация аскорбиновой кислоты. Сделан вывод о том, что раса дрожжей в значительной степени определяет биологическую ценность и антиоксидантную активность продукта. Рекомендовано при производстве высококачественного вина из черной смородины использовать дрожжи Черносмородиновая 7.

Ключевые слова. Вино фруктовое, дрожжи винные, брожение, антиоксидантная активность

Для цитирования: Панасюк, А. Л. Влияние различных рас дрожжей на качественные показатели и антиоксидантную активность вин из черной смородины / А. Л. Панасюк, С. С. Макаров // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 66–73. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-66-73.

INFLUENCE OF DIFFERENT YEAST RACES ON QUALITY PARAMETERS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF WINES PRODUCED FROM BLACKCURRANT

A.L. Panasyuk[1], S.S. Makarov[2, *]

[1]All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia

[2]K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

**e-mail: mak210@yandex.ru*

Received: 27.12.2017
Accepted: 16.03.2018

© A.L. Panasyuk, S.S. Makarov, 2018

Abstract. Fermentation is the main technological stage of wine production. The objective of the article is to determine the dependence of qualitative parameters of wine material obtained from blackcurrant on the taken yeast race. The authors studied the influence of yeast on the blackcurrant mash fermentation dynamics, formation of secondary products, content of biologically active substances and antioxidant activity of the obtained wine material. The authors used *Saccharomyces* of two types: *Saccharomyces vini* – Chernosmorodinovaya 7, K-17, Moskva 30, Vishnevaya 33, K-72, and *Saccharomyces cerevisiae* – "Red Fruit", WET 136, LW 317-29, UWY SP1. Mass fraction of total phenolic compounds content expressed in terms of gallic acid was determined applying spectrophotometric method using Folin-Chokalteu's reactant. Mass fraction of ascorbic acid was calculated using high-performance liquid chromatography. The authors measured antioxidant activity applying improved ABTS method on Shimadzu UV-1600 spectrophotometer (Japan). They found out that yeast races *Saccharomyces cerevisiae* had higher fermentation activity than Russian pure yeast races *Saccharomyces vini*. *Saccharomyces cerevisiae* surpassed *Saccharomyces vini* in sugar utilization and ethanol yield. The article reveals that fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* having high fermentation capacity results in the increase of methanol content by 33–57% and decrease in ascorbic acid concentration by 69–83% compared to the wine base samples obtained using *Saccharomyces vini*. The authors established that phenolic compound concentration in the wine material depends on the period of contact with yeast and on the applied yeast race. They determined that antioxidant activity of the product mainly depends on ascorbic acid concentration and made a conclusion that yeast race determines product biological value and antioxidant activity substantially. The authors recommend to use Chernosmorodinovaya 7 in high quality blackcurrant wine production.

Keywords. Fruit wine, wine yeast, fermentation, antioxidant activity

For citation: Panasyuk A.L., Makarov S.S. Influence of Different Yeast Races on Quality Parameters and Antioxidant Activity of Wines Produced from Blackcurrant. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 66–73 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-66-73.

Введение

Отмеченное в последнее время увеличение популярности фруктовых вин, вырабатываемых по ГОСТ 33806-2016 «Вина фруктовые столовые и виноматериалы фруктовые столовые. Общие технические условия», делает их производство перспективным направлением в развитии современного российского виноделия. Особого внимания в качестве сырья для таких вин заслуживает широко распространенная на территории Российской Федерации черная смородина. Привлекательность черной смородины состоит в ее высокой зимостойкости, неприхотливости и транспортабельности, а также в богатом биохимическом составе плодов. В плодах черной смородины в относительно высоких концентрациях, по сравнению с другим плодово-ягодным сырьем, содержатся органические кислоты, соединения фенольной природы, в том числе антоцианы и флавоноиды, а также аскорбиновая кислота (витамин С) [1–3]. Высокая концентрация аскорбиновой кислоты (до 235 мг/100 г), антоцианов и флавоноидов, обладающих антиоксидантными свойствами, является одним из основных критериев при выборе черной смородины в качестве сырья для производства высококачественных фруктовых вин. Химическая структура фенольных соединений, как было показано в ряде исследований, позволяет им нейтрализовать свободные радикалы, предотвращать развитие раковых клеток и оказывать позитивное воздействие на сердечно-сосудистую систему человека [4–7]. Согласно имеющимся данным, в процессе мацерации мезги от 60 до 80 % всех антоцианов переходит в сок, что обусловливает интенсивную окраску вин из черной смородины и их высокий антиоксидантный потенциал [8, 9].

Известно, что качественные характеристики фруктовых вин, также как и виноградных, в значительной степени зависят от технологических приемов, используемых при первичной переработке сырья и проведении процесса брожения [10]. Основой брожения является метаболизм культурных дрожжей рода *Saccharomyces*, в результате которого биохимический состав сырья претерпевает значительные изменения [11, 12].

В настоящее время в плодово-ягодном виноделии используются в основном два вида дрожжей рода *Saccharomyces*: *Saccharomyces vini* и *Saccharomyces cerevisiae*. Первые представлены отечественными чистыми культурами, для применения которых в производстве необходимо за 6–8 дней приготовить разводку на стерильной питательной среде. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* поступают на винодельческие предприятия в виде активных сухих дрожжей (АСД), преимущественно импортного производства, их подготовка к использованию состоит в регидратации в разбавленном сусле в течение 20–30 мин. При подборе дрожжей для производства высококачественных фруктовых вин наряду с экономическими факторами (стоимость материалов, трудоемкость процесса) важно учитывать их ферментативную активность по отношению к компонентам сбраживаемого сусла. С одной стороны, количество ферментов в дрожжевой клетке является генетическим признаком, однако оно может меняться в зависимости от физико-химических и биохимических особенностей среды. С другой стороны, дрожжи, в зависимости от вида и расы, обладают различной способностью к усвоению и синтезу органических соединений, в связи с чем при сбраживании одного и того же фруктового сырья можно получить вина, отличающиеся по физико-химическому составу и органолептическим характеристикам [13–15].

Анализ литературных источников показал, что вопросы влияния расы дрожжей на процессы, проходящие при сбраживании черносмородинового сусла, и состав биологически активных компонентов сырья требуют дополнительного изучения.

Цель исследований состояла в определении зависимости качественных показателей вина из черной смородины от расы используемых дрожжей.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали сок черной смородины сорта Сударушка урожая 2016–2017 гг., сброженное черносмородиновое сусло и виноматериал (вино из черной смородины), дрожжи-сахаромицеты *Saccharomyces vini* – расы Черносмородиновая 7, К-17, Москва 30, Вишневая 33, К-72 в виде чистых культур (ЧКД) и *Saccharomyces cerevisiae* – расы «Red Fruit» (Италия), WET 136 («SIHA activhefe 3», Германия), LW 317-29 («Oenoferm Rug», Германия), UWY SP-1 (Великобритания) в виде препаратов активных сухих дрожжей (АСД).

Для того чтобы обеспечить одинаковые условия сбраживания, все дрожжи вводили в сусло в виде разводки из расчета первоначальной концентрации клеток – 4,5 млн/см^3. Дрожжевые разводки готовили на стерильной питательной среде. Для приготовления питательной среды сок черной смородины разбавляли умягченной водой в соотношении 1:1, в смесь добавляли инвертированный сахарный сироп до концентрации сахара в смеси 200 г/дм^3 и стерилизовали при температуре 95 °С в течение 30 мин. Чистые культуры дрожжей переносили петлей в колбу с питательной средой. Навески препаратов АСД регидратировали в соответствии с рекомендациями фирм-производителей и затем переносили в колбы с питательной средой. Разбраживание дрожжей осуществляли в термостате при температуре 28 °С в течение 48 ч.

Брожение черносмородинового сусла (массовая концентрация сахаров – 109 г/дм^3, титруемая кислотность – 21,7 г/дм^3) осуществляли на мезге при температуре 23–25 °С. Для улучшения реологических свойств мезги и лучшего извлечения сока предварительно проводили ее мацерацию очищенным ферментным препаратом «Пектофоетидин П10х» пектолитического действия (ООО «Микробиопром», Россия) в течение 5 ч при температуре 28–30 °С [10]. Ферментный препарат вносили в мезгу в количестве 0,1 % к массе мезги в виде 2%-ной водной суспензии. С целью предотвращения развития посторонней микрофлоры и ингибирования окислительных процессов мезгу сульфитировали до концентрации диоксида серы 100 мг/дм^3. После окончания брожения виноматериал отделяли от мезги, осветляли отстаиванием и фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Физико-химические показатели объектов исследования определяли с помощью стандартизированных методов анализа [16–19], а также с использованием международных методов анализа, применяемых при оценке качества винодельческой продукции [20].

Микробиологические исследования проводили при помощи микроскопа МБИ-6 при 400-кратном увеличении. Для подсчета количества дрожжевых клеток использовали счетную камеру Горяева. Бродильную активность дрожжей оценивали по скорости потребления сбраживаемых сахаров, скорости выделения диоксида углерода и количеству этанола, образовавшегося в процессе брожения.

Массовую концентрацию суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина – Чокальтеу. Измерение максимума поглощения раствора проводили при длине волны 750 нм. Прибор – спектрофотометр СФ-2000 (Россия). Ширина кюветы – 10 мм.

Массовую концентрацию аскорбиновой кислоты определяли по ГОСТ Р 53693-2009 «Продукция соковая. Определение аскорбиновой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» на приборе «Стайер» («Аквилон», Россия) со спектрофотометрическим детектором.

Для измерения антиоксидантной активности объектов исследования использовали модифицированный ABTS-метод, основанный на обесцвечивании катион-радикала $ABTS^{\bullet+}$, предварительно полученного путем окисления ABTS [2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты)] персульфитом калия [21]. Антиоксидантную активность выражали в эквивалентах Тролокса. Анализ проводили на приборе Shimadzu UV-1600 (Япония) при длине волны 734 нм.

Качественный и количественный состав летучих компонентов определяли газохроматографическим методом на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) с пламенно-ионизационным детектором.

Результаты и их обсуждение

Процесс спиртового брожения обусловлен жизнедеятельностью дрожжей, в основе которой лежит их рост и размножение. Чем быстрее дрожжи приспосабливаются к условиям сбраживаемой среды, тем активнее они размножаются, и процесс брожения проходит быстрее. Для определения скорости роста дрожжей после введения разводки в черносмородиновое сусло подсчитывали количество дрожжевых клеток, образующихся в течение 48 ч, путем микроскопирования через каждые 12 ч. В результате было установлено, что наиболее высокую скорость накопления биомассы имела раса UWY SP-1. К концу эксперимента количество дрожжевых клеток в этом образце было максимальным и составляло 127 млн/см^3. Среди отечественных рас более высокой скоростью размножения обладали К-17 и Черносмородиновая 7. По сравнению с расами К-72, Москва 30 и Вишневая 33 в этих образцах количество дрожжевых клеток, образовавшихся за 48 ч, было больше на 23–30 %.

Известно, что все расы винных дрожжей имеют разную бродильную активность по отношению к сбраживаемому сырью. Бродильную активность определяли в течение трех суток путем взвешивания колб с бродящим суслом (объем сусла составлял 50 см^3) на аналитических весах четыре раза в сутки. Во время проведения процесса фиксировали разницу в весе колб, соответствующую количеству выделившегося

CO_2. Как показали результаты исследования, представленные на рис. 1 и 2, расы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* обладали более высокой бродильной активностью, чем расы отечественных чистых культур *Saccharomyces vini*. Наибольшее количество диоксида углерода выделилось при использовании расы UWY SP-1 – 3,87 см^3, что соответствовало выбраживанию 73,7 % инвертных сахаров сырья. Среди отечественных рас более высокую бродильную активность продемонстрировали расы Черносмородиновая 7 и К-17.

Различная бродильная активность испытанных рас дрожжей сказалась на продолжительности процесса. Наиболее бурно брожение проходило в образце с дрожжами UWY SP-1, процесс завершился на седьмые сутки. Окончание брожения фиксировали по отсутствию выделения диоксида углерода через водяной затвор. При использовании рас Черносмородиновая 7, К-17, «Red Fruit», WET 136, LW 317-29 брожение проходило менее бурно и завершилось на восьмые сутки. В образце с расой Вишневая 33 продолжительность брожения составила девять суток. Наиболее продолжительный процесс брожения (10 суток) был отмечен при использовании рас Москва 30 и К-72.

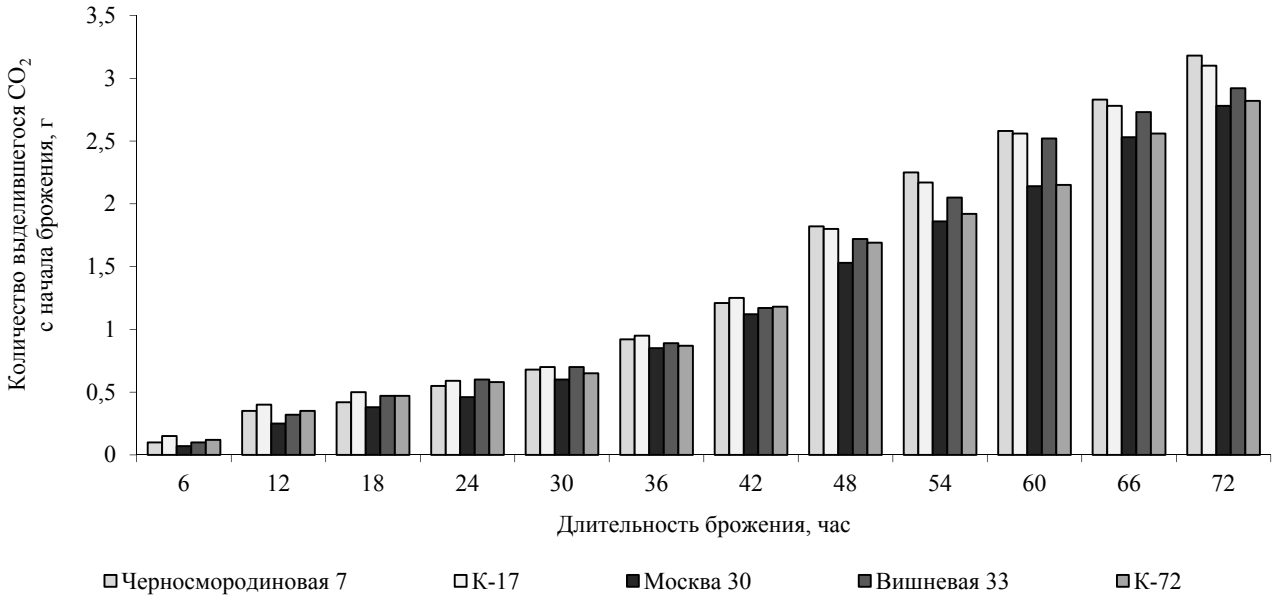

Рисунок 1 – Динамика выделения диоксида углерода при сбраживании черносмородинового сусла чистыми культурами дрожжей *Saccharomyces vini*

Figure 1 – Dynamics of carbon dioxide yield during blackcurrant mash fermentation by means of pure *Saccharomyces vini*

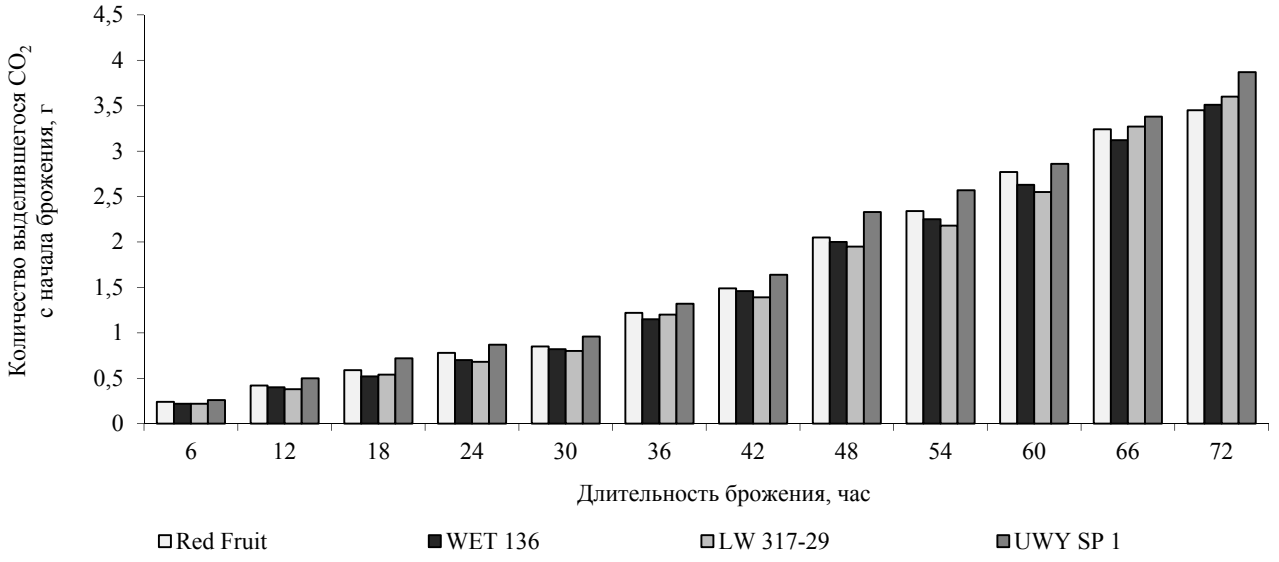

Рисунок 2 – Динамика выделения диоксида углерода при сбраживании черносмородинового сусла АСД *Saccharomyces cerevisiae*

Figure 2 – Dynamics of carbon dioxide yield during blackcurrant mash fermentation by means of active dry yeast *Saccharomyces cerevisiae*

Таблица 1 – Влияние расы дрожжей на физико-химические показатели сухого столового виноматериала из черной смородины

Table 1 – Influence of yeast race on physical and chemical parameters of dry wine material prepared from blackcurrant

Наименование показателей	Используемая раса дрожжей								
	Черносмородиновая 7	К-17	Москва 30	Вишневая 33	К-72	«Red Fruit»	WET 136	LW 317-29	UWY SP-1
Объемная доля этилового спирта, % об.	6,20	6,15	6,16	6,20	6,17	6,20	6,17	6,20	6,22
Массовая концентрация сахаров в пересчете на инвертный сахар, г/дм^3	3,8	4,0	3,9	3,7	4,0	3,6	3,7	3,5	3,2
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, г/дм^3	20,8	21,2	20,5	21,4	20,8	21,5	21,3	20,7	21,2
Массовая концентрация летучих кислот в пересчете на уксусную кислоту, г/дм^3	0,4	0,6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,7	0,5	0,6
Массовая концентрация метанола, мг/дм^3	75,3	80,2	86,5	102,4	99,7	152,6	148,5	170,3	177,2
Всего массовая концентрация летучих компонентов, мг/дм^3, в том числе:	164,5	196,1	180,7	170,6	197,6	201,6	184,5	204,1	195,4
– альдегидов	14,7	18,4	19,8	20,9	24,7	18,5	15,3	20,6	17,5
– высших спиртов	142,8	167,4	146,2	140,0	157,3	165,3	155,8	162,8	153,4
– сложных эфиров	7,0	10,3	14,7	9,7	15,6	17,8	13,4	20,7	24,5

Полученные образцы виноматериалов соответствовали требованиям действующей нормативной документации, но отличались по ряду физико-химических показателей (табл. 1).

Как видно из представленных данных, все расы дрожжей продемонстрировали достаточно высокую эффективность сбраживания сахаров – концентрация остаточных сахаров во всех образцах не превышала 4,0 г/дм^3, что соответствует требованиям ГОСТ 33806-2016. При этом необходимо отметить, что по степени утилизации сахаров и образованию этилового спирта, характеризующим эффективность брожения, расы, относящиеся к виду *Saccharomyces cerevisiae*, превосходили дрожжи *Saccharomyces vini*. Наибольший наброд спирта при минимальной концентрации сахаров был зафиксирован в образце виноматериала, полученном с использованием расы UWY SP-1.

Важным показателем при выборе дрожжей является состав вторичных продуктов брожения, к которым относятся летучие кислоты, альдегиды, высшие спирты и эфиры. По результатам физико-химических и газохроматографических исследований установлено, что при одинаковых условиях количество вторичных продуктов брожения, синтезированных разными расами, существенно различалось. Необходимо отметить, что концентрация летучих кислот во всех образцах не превышала установленной нормы (1,2 г/дм^3). При этом брожение черносмородинового сусла на дрожжах Москва 30 и К-72 характеризовалось наибольшим образованием летучих кислот – до 1,0 г/дм^3. Напротив, самое низкое содержание летучих кислот зафиксировано в образце, полученном с использованием расы Черносмородиновая 7. В этом образце отмечено также минимальное содержание альдегидов и метанола, определенных газохроматографическим методом. Среди идентифицированных альдегидов более 90 % составлял ацетальдегид, образующийся при окислении этанола под действием алкогольдегидрогеназы дрожжей. Наибольшее накопление альдегидов было отмечено для рас К-72, Вишневая 33 и LW317-29.

Сложные эфиры образуются под действием эстераз дрожжей, и их концентрация в зависимости от расы варьировалась от 7,0 мг/дм^3 (Черносмородиновая 7) до 24,5 мг/дм^3 (UWY SP-1).

Как показали результаты газохроматографического анализа (табл. 1), в зависимости от способности той или иной расы дрожжей усваивать аминокислоты полученные образцы виноматериалов имели различную концентрацию высших спиртов, составляющих основу аромата вин и других продуктов брожения. Больше всего высших спиртов обнаружено в образцах с использованием дрожжей К-17 и «Red Fruit» – 167,4 мг/дм^3 и 165,3 мг/дм^3 соответственно. В остальных образцах содержание высших спиртов было ниже на 6–16 %.

Метанол является естественным продуктом гидролиза пектиновых веществ, концентрация которых в исследованных образцах черной смородины составляла 0,87–1,02 %. Во фруктовых винах концентрация метанола не нормируется, однако в связи с его высокой токсичностью следует учитывать способность дрожжей к гидролизу пектиновых веществ и накоплению метанола. По сравнению с образцами виноматериалов, полученными с использованием рас дрожжей *Saccharomyces vini*, содержание метанола в виноматериалах, при получении которых использовались расы *Saccharomyces cerevisiae*, было выше в среднем на 33–57 %. Наибольшее накопление метанола было у дрожжей UWY SP-1, что может быть связано с их повышенной пектолитической активностью. Таким образом, на наш взгляд, эту расу дрожжей целесообразно использовать для сырья с меньшим содержанием пектиновых веществ.

Данные, представленные в табл. 2, показывают, что раса дрожжей, используемая для брожения, также в значительной степени влияет на состав биологически активных веществ вина и его антиоксидантную активность. Наибольшей антиоксидантной активностью обладали образцы вина, полученные с использованием рас Черносмородиновая 7 и LW 317-29 – 41,5 и 40,8 ммоль тролокс-экв / дм^3 соответственно. В этих же образцах было зафиксировано максимальное содержание аскорбиновой кислоты – 35,0 и 34,0 мг/дм^3 соответственно. Известно, что концентрация аскорбиновой кислоты снижается в процессе переработки фруктов за счет ее быстрого окисления до дегидроаскорбиновой кислоты при контакте мезги с воздухом. С целью предотвращения или замедления окислительных процессов используют различные способы, например охлаждение мезги. Однако такой способ нельзя использовать при производстве вин из темноокрашенного сырья, так как при снижении температуры замедляются процессы экстракции красящих веществ. В этом случае применяют сульфитацию мезги. В ходе брожения аскорбиновая кислота также может окисляться под действием оксидоредуктаз дрожжей. Полученные нами данные по содержанию аскорбиновой кислоты в опытных образцах виноматериалов из черной смородины позволяют сделать предположение о том, что испытанные расы дрожжей обладают различной активностью оксидоредуктаз. Использование рас дрожжей с высокой оксидоредуктазной активностью приводит к практически полному окислению аскорбиновой кислоты. В образце вина, полученном с использованием расы UWY SP-1, продемонстрировавшей наиболее высокую бродильную активность, при наибольшем содержании фенольных веществ (5608 мг/дм^3) концентрация аскорбиновой кислоты оказалась минимальной – всего 6,0 мг/дм^3. Данный факт, как показал анализ полученных данных, привел к снижению антиоксидантной активности на 30–31 % в этом образце по сравнению с образцами, сброженными расами Черносмородиновая 7 и LW 317-29.

При анализе данных по содержанию фенольных веществ прослеживается зависимость между продолжительностью брожения и их концентрацией. В образце, полученном с использованием расы UWY SP-1, где брожение закончилось на седьмые сутки, наблюдалась наибольшая концентрация фенольных веществ. В образцах виноматериалов, где процесс брожения протекал дольше, концентрация фенольных веществ была ниже на 13,3 % (раса К-17) – 24,2 % (раса Москва 30). Известно, что дрожжи могут адсорбировать фенольные вещества, снижая их концентрацию в виноматериале (вине) [8]. Можно предположить, что более длительная продолжительность брожения и, как следствие, увеличение длительности контакта сусла с дрожжами ведет к снижению концентрации фенольных соединений в готовом продукте. В то же время наиболее низкая концентрация фенольных соединений и величины антиоксидантной активности наблюдалась в образцах черносмородинового виноматериала, полученных с использованием дрожжей «Red Fruit» и WET 136, обладавших средней бродильной активностью, что может быть связано с индивидуальными особенностями этих рас. Кроме того, сильное снижение концентрации аскорбиновой кислоты в виноматериалах под действием этих рас дрожжей, по сравнению с другими образцами, не позволяет рекомендовать их для производства высококачественных вин из черной смородины.

В целом полученные результаты показали ряд преимуществ дрожжей *Saccharomyces vini* при производстве вина из черной смородины по сравнению с дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, в основном за счет качественных показателей получаемого виноматериала – низкой концентрации метанола при высоком содержании фенольных веществ и аскорбиновой кислоты, обеспечивающих высокий показатель антиоксидантной активности продукта.

Таблица 2 – Влияние расы дрожжей на концентрацию биологически активных веществ и антиоксидантную активность сухого столового виноматериала из черной смородины

Table 2 – Influence of yeast race on the concentration of biologically active substances and antioxidant activity of dry wine base prepared from blackcurrant

Раса используемых дрожжей	Массовая концентрация фенольных соединений, мг/дм^3	Массовая концентрация аскорбиновой кислоты, мг/дм^3	Антиоксидантная емкость по отношению к катион-радикалу (ABTS), ммоль тролокс-экв / дм^3
Черносмородиновая 7	4530	35,0	41,5
К-17	4862	19,0	34,7
Москва 30	4248	17,0	32,9
Вишневая 33	4310	22,0	36,2
К-72	4753	21,0	33,4
«Red Fruit»	4012	11,0	27,5
WET 136	3937	9,0	26,7
LW 317-29	4310	34,0	40,8
UWY SP-1	5608	6,0	28,4

Выводы

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что различные расы дрожжей оказывают влияние не только на процесс брожения сусла из черной смородины и физико-химические показатели полученного вина, но также в значительной степени определяют его биологическую ценность и антиоксидантную активность. Для получения высококачественных фруктовых (черносмородиновых) вин с высоким содержанием биологически активных веществ, в том числе аскорбиновой кислоты, можно рекомендовать отечественную расу Черносмородиновая 7. Использование отечественных дрожжей Черносмородиновая 7 позволит также снизить затраты на приобретение дорогостоящих активных сухих дрожжей импортного производства.

Список литературы

1. Янчук, Т. В. Биохимический состав ягод смородины черной сортов украинской селекции, возделываемых в условиях Орловской области / Т. В. Янчук // Современное садоводство. – 2014. – № 1. – С. 60–67.

2. Причко, Т. Г. Химический состав ягод черной смородины, произрастающей на юге России / Т. Г. Причко, М. Г. Германова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – № 5. – С. 93–96.

3. Жбанова, Е. В. Изменчивость химического состава плодов черной смородины в разных регионах / Е. В. Жбанова // Аграрная Россия. – 2012. – № 1. – С. 10–13.

4. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines / J. Burns [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48. – P. 220–230.

5. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine / E. N. Frankel [et al.] // The Lancet. – 1993. – № 341. – P. 454–457.

6. Stockley, C. S. Therapeutic value of wine: A clinical and scientific perspective / C. S. Stockley // Handbook of enology: Principles, Practices and Recent Innovations. Vol. 1: Introduction to Vine and Wine. – New Delhi : Asia Tech Publishers Inc., 2011. – P. 146–208.

7. Clifford, M. N. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden / M. N. Clifford // Journal of the Food and Agricultural. – 2000. – Vol. 80, № 7. – P. 1063–1072.

8. Czyzowska, A. Changes to polyphenols in the production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part I. Total polyphenols and phenolic acids / A. Czyzowska, E. Pogorzelski // European Food Research and Technology. – 2002. – № 214. – P. 148–154.

9. Czyzowska, A. Changes to polyphenols in the production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols / A. Czyzowska, E. Pogorzelski // European Food Technologies. – 2004. – № 218. – P. 355–359.

10. Оганесянц, Л. А. Теория и практика плодового виноделия / Л. А. Оганесянц, А. Л. Панасюк, Б. Б. Рейтблат. – М. : Развитие, 2012. – 396 с.

11. Панасюк, А. Л. Изменение содержания органических кислот при производстве плодовых напитков и вин / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, О. С. Егорова // Пиво и напитки. – 2014. – № 2. – С. 36–38.

12. Толмачева, Е. Н. Изменение концентрации азотистых соединений при сбраживании сусла новыми расами дрожжей [Электронный ресурс] / Е. Н. Толмачева, Н. М. Агеева, А. Ю. Даниелян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101 (7). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/45.pdf.

13. Vilanova, M. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* strains on general composition and sensorial properties of white wines made from *Vitis vinifera* cv. «Albarino» / M. Vilanova, I. Masneuf-Pomarede, D. Dobourdieu // Food Technology and Biotechnology. – 2005. – Vol. 43 (1). – P. 79–83.

14. Regodon, M. A. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* yeast strain on the major volatile compounds of wine / A. M. Regodon, F. Perez-Nevado, M. Ramirez Fernandez // Enzyme microbiological technologies. – 2006. – № 40. – P. 151–157.

15. Влияние новых рас дрожжей на химический состав белых столовых вин [Электронный ресурс] / Е. Н. Толмачева [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 100 (6). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/107.pdf.

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

17. ГОСТ 13192-73. Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров. – М. : Стандартинформ, 2011. – 9 с.

18. ГОСТ 32114-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот. – М. : Стандартинформ, 2013. – 5 с.

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

20. Сборник международных методов анализа и оценки вин и сусел / пер. с фр. и общ. ред. Н. А. Мехузла. – М. : Пищевая промышленность, 1993. – 318 с.

21. Re, R. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // Free Radical Biology & Medicine. – 1999. – Vol. 26, № 9/10. – P. 1231–1237.

References

1. Yanchuk T.V. Biokhimicheskiy sostav yagod smorodimy chernoy sortov ukrainskoy selektsii, vozdelyvayemykh v usloviyakh Orlovskoy oblasti [Biochemical Content of Blackcurrants Selected in Ukraine and Grown in Orlov Region]. *Sovremennoye sadovodstvo* [Contemporary Horticulture], 2014, no. 1, pp. 60–67.

2. Prichko T.G., Germanova M.G. Khimicheskiy sostav yagod chernoy smorodiny, proizrastayushchey na yuge Rossii [Chemical Composition of Blackcurrants Growing in the South of the Russian Federation]. *Sel'skokhozyaystvennyye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov* [Agricultiral Science and Agroindustrial Complex at the Turn of the Century], 2014, no. 5, pp. 93–96.

3. Zhbanova E.V. Izmenchivost' khimicheskogo sostava plodov chernoy smorodiny v raznykh regionakh [Variations of Blackcurrant Berries Chemical Composition in Different Regions]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2012, no. 1, pp. 10–13.

4. Burns J., Gardner P.T., O'Neil J., et al. Relationship Among Antioxidant Activity, Vasodilation Capacity, and Phenolic Content of Red Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48, pp. 220–230.

5. Frankel E.N., Kanner J., German J.B., Parks E., Kinsella J.E. Inhibition of Oxidation of Human Low-Density Lipoprotein by Phenolic Substances in Red Wine. *The Lancet*, 1993, no. 341, pp. 454–457.

6. Stockley C.S. *Therapeutic Value of Wine: A Clinical and Scientific Perspective*. Handbook of enology: Principles, Practices and Recent Innovations. Vol. 1: Introduction to Vine and Wine. New Delhi: Asia Tech Publishers Inc., 2011, pp. 146–208.

7. Clifford M.N. Anthocyanins – Nature, Occurrence and Dietary Burden. *Journal of the Food and Agricultural*, 2000, vol. 80, no. 7, pp. 1063–1072.

8. Czyzowska A., Pogorzelski E. Changes to Polyphenols in the Production of Must and Wines from Blackcurrants and Cherries. Part I. Total Polyphenols and Phenolic acids. *European Food Research and Technology*, 2002, no. 214, pp. 148–154.

9. Czyzowska A., Pogorzelski E. Changes to Polyphenols in the Production of Must and Wines from Blackcurrants and Cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols. *European Food Technologies*, 2004, no. 218, pp. 355–359.

10. Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Reitblat B.B. *Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya* [Theory and Practice of Making Wine from Fruit]. Moscow: Razvitiye Publ., 2012. 396 p.

11. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Egorova O.S. Izmeneniye soderzhaniya organicheskikh kislot pri proizvodstve plodovykh napitkov i vin [Changes in Organic Acids Content during Fruit Drinks and Wines Production]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2014, no. 2, pp. 36–38.

12. Tolmacheva E.N., Ageeva N.M., Danielyan A.Yu. Izmeneniye kontsentratsii azotistykh soedineniy pri sbrazhivanii susla novymi rasami drozhzhei [Changes in Nitric Compounds Concentration during Mash Fermentation by means of New Yeast Races]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2014, no. 101(7). Accessed at: http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/45.pdf.

13. Vilanova M., Masneuf-Pomarede I., Dobourdieu D. Influence of *Saccharomyces Cerevisiae* Strains on General Composition and Sensorial Properties of White Wines Made from *Vitis Vinifera* cv. "Albarino" *Food Technology and Biotechnology*, 2005, vol. 43(1), pp. 79–83.

14. Regodon M.A., Perez-Nevado F., Ramirez Fernandez M. Influence of *Saccharomyces Cerevisiae* Yeast Strain on the Major Volatile Compounds of Wine. *Enzyme Microbiological Technologies*, 2006, no. 40, pp. 151–157.

15. Tolmacheva E.N. Vliyaniye novykh ras drozhzhey na khimicheskiy sostav belykh stolovykh vin [Influence of New Yeast Races on White Wines Chemical Composition]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2014, no. 100(6). Accessed at http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/107.pdf.

16. *GOST 32095-2013. Produktsiya alkogol'naya i syr'yo dlya yeyo proizvodstva. Metod opredeleniya ob'yomnoy doli etilovogo spirta* [State Standard 32095-2013. The Alcohol Production and Raw Material for it Producing. Method of Ethyl Alcohol Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 5 p.

17. *GOST 13192-73. Vina, vinomaterialy i kon'yaki. Metod opredeleniya Sakharov* [State Standard 13192-73. Wines, Wine Materials and Cognacs. Method of Sugar Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 9 p.

18. *GOST 32114-2013. Produktsiya alkogol'naya i syr'yo dlya yeyo proizvodstva. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii titriruemykh kislot* [State Standard 32114-2013. The Alcohol Production and Raw Material for it Producing. Methods for Determination of Titrating Acids]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 5 p.

19. *GOST 32001-2012. Produktsiya alkogol'naya i syr'yo dlya yeyo proizvodstva. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii letuchikh kislot* [State Standard 32001-2012. The Alcohol Production and Raw Material for it Producing. Method of Volatile Acids Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 5 p.

20. Mekhuzl N.A. *Sbornik mezhdunarodnykh metodov analiza i otsenki vin i susel* [Collection of International Methods for Wine and Mash Analysis and Assessment]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1993. 318 p.

21. Re R., Pellegrini N., Proteggente A. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 1999, vol. 26, no. 9/10, pp. 1231–1237.

Панасюк Александр Львович
д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, Россия, 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 246-76-38, e-mail: alpanasyuk@mail.ru

Макаров Сергей Сергеевич
аспирант кафедры виноделия и неорганической аналитической химии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.: +7 (906) 735-21-90, e-mail: mak210@yandex.ru

Alexander L. Panasyuk
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Deputy Director, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 246-76-38, e-mail: alpanasyuk@mail.ru

Sergey S. Makarov
Graduate Student of the Department of Winemaking and inorganic analytical chemistry of K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +7 (906) 735-21-90, e-mail: mak210@yandex.ru