

Исследование способности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* к образованию технологически значимых соединений

Динаханум Абиляевна Абдуллабекова, канд. техн. наук, вед науч. сотр. лаборатории биохимии и биотехнологии, dina2407@mail, <https://orcid.org/0000-0001-9425-4551>;

Елена Селимовна Магомедова, канд. биол. наук, вед науч. сотр., лаборатории биохимии и биотехнологии, milena2760@rambler.ru;

Расул Закирович Гасанов, мл. науч. сотр. лаборатории биохимии и биотехнологии, gasanov@bk.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Прикаспийский институт биологических ресурсов, Россия, г. Махачкала, ул. М.Гаджиева, 45

В статье представлены результаты изучения новых штаммов дрожжей *S. cerevisiae*, выделенных из популяций, обитающих в условиях виноградников и мест ферментации в Дагестане. Культуры (14 штаммов), изолированные накопительным способом, идентифицированы на основе анализа нуклеотидных последовательностей ITS1-5.8S-ITS2 региона и D1/D2 доменов региона 26S (LSU) рДНК. Штаммы хранятся в коллекции дрожжей лаборатории биохимии и биотехнологии Прикаспийского института биоресурсов, а также в коллекции дрожжей кафедры биологии почв факультета Почвоведения МГУ. Дрожжи культивировали в питательной среде, приготовленной на азотной основе (YNB) с добавлением 15,0 г/100 см³ глюкозы. После окончания брожения в среде определяли технологически значимые соединения – летучие кислоты, титруемые кислоты, диоксид серы (SO₂) а также суммарную антиоксидантную активность (САА). Метаболизм всех штаммов характеризовался образованием летучих, титруемых кислот и диоксида серы в пределах 1,2–1,9 г/дм³, 3,0–3,8 г/дм³, 6,4–16,0 мг/дм³, соответственно. САА, в зависимости от физиолого-биохимических свойств культуры, возрастала, снижалась или оставалась неизменной. Отмечена тенденция – штаммы, продуцировавшие более 10,0 мг/дм³ SO₂, способствовали росту антиоксидантной активности среды, при этом прямой зависимости между этими величинами не наблюдали. Показано, что значительное количество штаммов (>80,0%), в том числе изолированных из природы, проявили устойчивость при содержании в среде 100 мг/дм³ свободного диоксида серы.

Ключевые слова: летучие кислоты; титруемые кислоты; диоксид серы (SO₂); суммарная антиоксидантная активность.

Введение. Среди многообразия дрожжей, распространенных на виноградниках, важным объектом исследования остаются культуры *S. cerevisiae*. Изоляция из природных локусов *S. cerevisiae*, используемых во всем мире в качестве ферментаторов при производстве вин, реальный путь для поиска штаммов, способных эффективно воздействовать на формиро-

Как цитировать эту статью:

Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С., Гасанов Р.З. Исследование способности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* к образованию технологически значимых соединений // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2019; 21(2). С.143-146. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.013

How to cite this article:

Abdullabekova D.A., Magomedova E.S., Gasanov R.Z. Analysis of the ability of *Saccharomyces cerevisiae* to form technologically significant compounds. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2019; 21(2). pp. 143-146. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.013

УДК 634.8: 663.125:663.253.

Поступила 01.05.2019

Принята к публикации 16.05.2019

© Авторы, 2019

ORIGINAL ARTICLE

Analysis of the ability of *Saccharomyces cerevisiae* to form technologically significant compounds

Dinakhannum Abilyayevna Abdullabekova, Elena Selimovna Magomedova, Rasul Zakirovich Gasanov

Federal State Budget Scientific Institution Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 45, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Russia 367000

The article presents study findings on new *S. cerevisiae* yeast strains isolated from the populations found in the vineyards and fermentation sites of Dagestan. The cultures (14 strains) isolated by cumulative method were identified based on analysis of the nucleotide sequences of the ITS1-5.8S-ITS2 region and D1/D2 domains of the 26S region (LSU) of rDNA. The strains are stored in the yeast collection of the laboratory of biochemistry and biotechnology of the Caspian Institute of Bioresources, as well as in the yeast collection of the Department of Soil Biology of the Faculty of Soil Science, Moscow State University. The yeasts were cultivated in a nutrient medium prepared on a nitrogen basis (YNB) with the addition of 15.0 g/100 cm³ of glucose. After the end of fermentation in the medium, technologically significant compounds were determined - volatile acids, titrated acids, sulfur dioxide (SO₂), and total antioxidant activity (CAA). The metabolism of all strains was characterized by formation of volatile, titratable acids and sulfur dioxide in the range of 1.2–1.9 g/dm³, 3.0–3.8 g/dm³, 6.4–16.0 mg/dm³, respectively. Depending on the physiological and biochemical properties of the culture, CAA increased, decreased or remained unchanged. The tendency was registered of the strains producing more than 10.0 mg/dm³ SO₂ to stimulate the antioxidant activity of the medium, while no direct correlation was observed between the values. It is demonstrated that a significant number of strains (> 80.0%), including those isolated from nature, showed stability when the content of free sulfur dioxide in the medium was 100 mg/dm³.

Key words: volatile acids; titratable acids; sulfur dioxide (SO₂); total antioxidant activity.

вание типа и качества вин разных категорий. Изучение технологической ценности дрожжей традиционно включает как исследование их способности к продуцированию диоксида серы, так и устойчивости к SO₂, применяемому в виноделии на всех этапах технологического цикла с учетом его антимикробных, антиокислительных, экстрагирующих и других свойств.

В зависимости от штаммовых особенностей находится образование количества летучих кислот, допустимая концентрация которых в готовых винах регламентируется и поэтому это свойство учитывается при выборе стартовых культур.

В последние годы большое внимание уделяется определению антиоксидантной активности как интегрального показателя нового вида качества биологической ценности вин [1-4]. САА может складываться как из антиоксидантов винограда, в первую очередь фенольных соединений, так и компонентов, синтезируемых дрожжами.

В последнее время дрожжи вызывают интерес как объекты, способные синтезировать антиоксиданты, которые, являясь природными соединениями, могут заменить синтетические. Тестирование дрожжей, полученных несколькими способами на разных средах, показал их способность продуцировать соединения, обладающие антиоксидантной активностью. В каче-

стве высокоактивных продуцентов авторы выделяют штаммы *Hansenula anomala* и *Rhodotorula glutinis* [5].

Антиоксидантные свойства вин и дрожжей в основном связывают с высокомолекулярными соединениями. Установлено, что к ним относятся, например, соединения, имеющие в своем составе SH-группы (глутатион, серосодержащие аминокислоты) или ароматические кольца, связанные с одной или несколькими гидроксильными группами [6]. В последние годы большое внимание уделяется вопросу продуцирования дрожжами *S. cerevisiae* мелатонина, являющегося мощным антиоксидантом, отмечается зависимость его образования от штаммовой принадлежности [7, 8]. Кроме того известно, что антиоксидантные свойства проявляют многие низкомолекулярные соединения, значение которых повышается в условиях, когда ферментативная антиоксидантная активность становится неэффективной. К ним относятся различные по структуре и химическим свойствам соединения, способные взаимодействовать с кислородными и органическими радикалами и ингибировать протекание свободнорадикальных процессов в клетках, одним из них является диоксид серы [9, 10].

Недавно было открыто, что SO_2 относится к газотрансмиттерам (газовые медиаторы) – эндогенно синтезируемым молекулам газов, выполняющим в организме важные клеточные функции, которые до выявления их природы были известны лишь как токсические вещества. Газовые медиаторы составляют единый комплекс веществ и являются новым видом биорегуляторов [11]. Было обнаружено, что диоксид серы эндогенно образуется в сердечно – сосудистой системе [12]. Открытие эндогенного SO_2 у млекопитающих обнаружило его протекторное действие – антиоксидантное, противовоспалительное, антигипертензивное и антиатерогенное [13].

Диоксид серы как натуральный побочный продукт брожения является также промежуточным метаболитом дрожжей на пути ассимиляции сульфатов, приводящим к синтезу серосодержащих аминокислот [14]. Выделение дрожжами SO_2 наблюдается как при аэробных, так и анаэробных условиях, зависит от расы дрожжей и тесно связано с энергетическими процессами, происходящими в клетке. Накопление диоксида серы при сбраживании виноградного сусла зависит от исходной сахаристости, pH, температуры брожения [15].

Цель работы: тестирование дрожжей *S. cerevisiae* на способность к образованию диоксида серы, летучих и титруемых кислот, суммарной антиоксидантной активности в зависимости от штамма.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования: штаммы дрожжей *S. cerevisiae*, выделенные из популяций, обитающих в условиях виноградников и мест ферментации в Дагестане [16, 17].

Все штаммы генетически идентифицированы и хранятся в коллекции дрожжей лаборатории биохимии и биотехнологии Прикаспийского института биоресурсов, а также в коллекции дрожжей кафедры биологии почв факультета Почвоведения МГУ.

При изучении метаболизма дрожжей применяли сбалансированную по питательным веществам среду, содержащую 6,7 г/л азотной основы (YNB), рекомен-

дуемую в литературе [18], куда добавляли глюкозу в количестве – 15,0 г/100 см³. Микрозасев биомассы дрожжей осуществляли микробиологической петлей (0,03-0,05 см), ферментацию проводили при температуре 22-23°C, контроль осуществляли визуально. После окончания ферментации культуральную жидкость декантировали с уплотненного дрожжевого осадка и измеряли в ней массовую концентрацию антиоксидантов. Контрольным вариантом служила исходная среда, где САА за счет входящих в ее состав аминокислот – метионина, который является признанным природным антиоксидантом, триптофана, витаминов, микроэлементов была на уровне 22,6 мг/дм³.

При изучении устойчивости штаммов к свободной SO_2 в среду вводили разрешенный ГОСТом P54956-2012 пиросульфит калия ($K_2S_2O_5$) в количестве, обеспечивающем концентрацию свободного диоксида серы 100,0 мг/дм³. Массовую концентрацию сахаров и титруемых кислот определяли по ГОСТам Р 13192-73 и Р 32114-2013 соответственно, диоксида серы и летучих кислот, объемную долю спирта по методикам, принятым в энохимии [19].

Суммарную антиоксидантную активность измеряли на приборе ЦВЕТ ЯУЗА 01-АА, используя градуировочный график зависимости выходного сигнала от концентрации галловой кислоты [20].

Тестирование исследуемых штаммов на устойчивость к диоксиду серы экзогенного происхождения дрожжей вида *S. cerevisiae* проводили на среде, приготовленной на азотной основе с массовой концентрацией сахаров – 5,0 г/100 см³ и свободного диоксида серы – 100 мг/дм³.

Результаты исследований и их обсуждение

Количество титруемых и летучих кислот является обязательным при характеристике вин и регламентируется ГОСТами и технологическими инструкциями для различных типов.

Так, в столовых винах допустимое количество титруемых кислот составляет, г/дм³, не менее 3,5, летучих кислот варьирует пределах 0,9–1,2 (ГОСТ 32030-2013). В игристых винах титруемая кислотность должна находиться в интервале, г/дм³ – 5,0–8,0, летучих кислот 1,0–1,2 (ГОСТ 33336-2015).

О способности опытных культур регулировать кислотность среды судили по массовой концентрации титруемых и летучих кислот в образцах, полученных с их участием, которая согласно данным, представленным в таблице, возрастала во всех вариантах.

Продуцирование летучих кислот варьировало в пределах 1,2–1,9 г/дм³, минимальная концентрация отмечена в вариантах, полученных с использованием штаммов 226, 256, максимальная – 255, 285, выделенных из виноградников. Генерирование титруемых кислот осуществлялось всеми штаммами, количество зависело от их индивидуальных особенностей и находилось в пределах 3,0–3,8 г/дм³.

Способность к образованию эндогенного диоксида серы отмечали во всех опытах, его концентрация зависела от свойств штамма и варьировала в интервале 6,4 – 16,0 мг/дм³.

Анализ величины антиоксидантной активности среды показал как стабильность, так и различную направленность ее изменения при брожении (рис.1).

Таблица. Массовая концентрация летучих, титруемых кислот, диоксида серы
Table. Mass concentration of volatile, titratable acids, sulfur dioxide

Показатели	Культуральная среда														
	исходная	после ферментации на штаммах													
		226	232	248	249	250	251	252	253	255	256	283	285	295	298
Титруемые кислоты, г/дм ³	0,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,2	3,5	3,5	3,5	3,3	3,1	3,5	3,8	3,0	3,7
Летучие кислоты, г/дм ³	0,0	1,2	1,6	1,4	1,4	1,3	1,6	1,3	1,6	1,9	1,2	1,7	1,9	1,4	1,4
SO ₂ , мг/дм ³	0,0	12,8	12,8	16,0	6,4	6,4	12,8	10,2	8,9	6,4	6,4	12,8	15,4	11,5	15,4

Снижение значения этого показателя отмечено в вариантах с использованием штаммов – 249, 255, 256, 295, возрастание – 298, 285, 248, 251, 232, 252, 283, 226, в образцах – 250, 253 она практически не изменилась. Известно, что функция антиоксидантных систем заключается в создании оптимального уровня активных форм кислорода (АФК), основным местом образования которых при аэробнозе являются митохондрии клеток, замещаемые в анаэробнозе промитохондриями с редуцированными функциями [21, 22].

Различная направленность изменения САА, очевидно, обусловлена физиолого-биохимическими свойствами штаммов, влияющими на состав антиоксидантов, который может складываться из компонентов среды, полностью не используемых при ферментации, а также метаболитов различной химической природы и возможно ферментов, продуцируемых культурами.

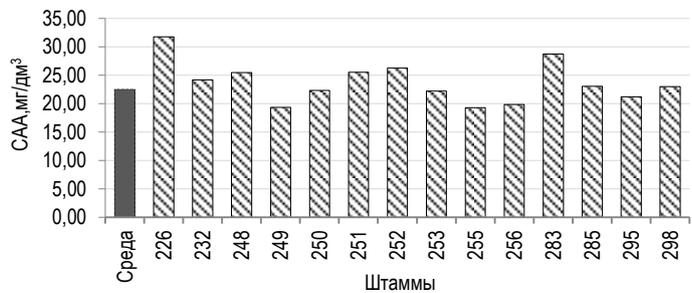
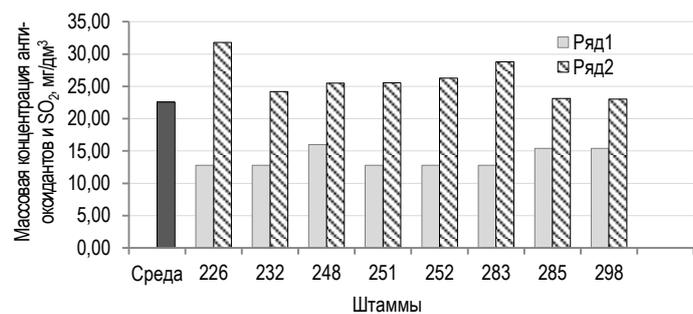
Сравнительный анализ интегральной антиоксидантной активности культуральной жидкости и уровня образования эндогенного диоксида серы, одного из компонентов САА, показал определенную тенденцию – в 8 вариантах из 9 (штамм 295), где культуры продуцировали более 10,0 мг/дм³ SO₂, отмечался рост антиоксидантной активности по сравнению с исходной средой (рис. 2). При этом прямой зависимости между суммарной антиоксидантной активностью и количеством диоксида серы не отмечалось, что объяснимо многокомпонентностью среды, структурой и взаимодействием ее составляющих, а также тем, что в САА участвует только свободная форма диоксида серы.

Для винных дрожжей диоксид серы является, в основном, не фунгицидным, а фунгистатическим средством. Доза вводимого SO₂ в качестве превентивной меры зависит от степени зрелости и санитарного состояния винограда, величины рН и температуры сула.

Когда виноград сильно поврежден и температура сула больше 20°C, его концентрация доводится до 150-200 г/дм³ [23].

Диоксид серы оказывает непосредственное негативное воздействие на дрожжевые клетки. Уже в малых дозировках, проникая через плазматическую мембрану, он приводит к быстрому расщеплению в клетке тиамин и менее выраженных – тиаминфосфата и тиаминпирофосфата. При этом в большей или меньшей степени инактивируются зависящие от тиаминпирофосфата ферменты – пируватдекарбоксилаза и транскаталаза и снижается содержание АТФ [24].

При тестировании штаммов на устойчивость

**Рис. 1.** Суммарная антиоксидантная активность среды при культивировании разных штаммов *S. cerevisiae***Fig. 1.** The total antioxidant activity of the medium during cultivation of different of *S. cerevisiae* strains**Рис. 2.** Массовая концентрация SO₂ (ряд 1) и антиоксидантов (ряд 2) среды при культивировании разных штаммов *S. cerevisiae*
Fig. 2. Mass concentration of SO₂ (row 1) and antioxidants (row 2) of the medium during cultivation of different *S. cerevisiae* strains

к диоксиду серы опыт ставили в двух повторностях, в каждом варианте отмечали начало брожения, наблюдение вели в течение 14 дней. Полученные данные показали, что из 14 протестированных культур, устойчивость к действию SO₂ проявили 12 штаммов, среди которых – 283, 285, 232, 250, 252, 253 характеризовались более кратким периодом адаптации.

Выводы. Штаммы дрожжей *S. cerevisiae*, выделенные из различных местообитаний, при культивировании на сбалансированной по питательным компонентам синтетической среде (YNB), проявили способность к образованию летучих кислот в пределах 1,2–1,9 г/дм³ и титруемых в интервале 3,0–3,8 г/дм³. Синтез эндогенного диоксида серы был характерен для всех культур и колебался в интервале 6,4–16,0 мг/дм³. Выявлено, что при брожении штаммы, в зависимости от физиолого-биохимических свойств, вносили различный вклад в антиоксидантную активность среды. В вариантах, где уровень продуцируемого SO₂ превышал 10,0 мг/дм³, отмечена тенденция к росту САА, при этом прямой зависимости между этими величинами не наблюдали.

Показано, что при содержании в среде свободного диоксида серы на уровне 100 мг/дм³ более 80,0% штаммов, в том числе выделенные из природы, проявили

устойчивость.

Полученные данные расширяют сведения о способности эукариотной клетки к образованию SO_2 , кислотного комплекса, регулированию антиоксидантной активности среды и позволяют вести скрининг культур для дальнейшего изучения их в качестве стартовых при производстве вин.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

1. Ульянова Е.В. Высокоэффективная жидкостная хроматография в исследовании антиоксидантных свойств вин // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. Вып. 4. С. 522-532.
- Ulyanova Ye.V. *Vysokoeffektivnaya zhidkostnaya khromatografiya v issledovanii antioksidantnykh svoystv vin* // *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*. 2010. Vol. 10. Issue 4, pp. 522-532. (in Russian)
2. Андриевская Д.А. Совершенствование технологии столовых вин на основе регулирования их протекторных свойств: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009.
- Andrievskaya D.A. *Sovershenstvovanie tekhnologii stolovykh vin na osnove regulirovaniya ih protekturnykh svoystv*: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2009.
3. Бежуашвили М.Г., Месхи М.Ю., Бостоганашвили М.В., Малания М.А. Антиоксидантная активность виноматериалов для вин кавказского типа и ее зависимость от фенольных соединений // Виноделие и виноградарство. 2005. № 6. С. 28-29.
- Bezhuashvili M.G., Meskhi M.Yu., Bostoganashvili M.V., Malaniya M.A. *Antioksidantnaya aktivnost' vinomaterialov dlya vin kabetinskogo tipa i ee zavisimost' ot fenol'nykh soedinenij* // *Vinodelie i vinogradarstvo*. 2005. № 6. pp. 28-29. (in Russian)
4. Агеева Н.М., Маркосов В.А., Музыченко Г.Ф. и др. Антиоксидантные и антирадикальные свойства красных виноградных вин // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № 2. С. 63-67.
- Ageeva N.M., Markosov V.A., Muzychenko G.E. et al. [Antioxidant and antiradical properties of red grape wines]. *Voprosy pitaniia*. 2015. Vol. 84. № 2. pp. 63-67. (in Russian)
5. Gazi M.R., Hoshikuma A, Kanda K. et al. Detection of free radical scavenging activity in yeast culture. 2001 Saga Daigaku Nogakubu Iho 86:67-74.
6. Шербаков С.С., Потий В.С., Солодяникова Е.А. Образование серосодержащих соединений сульфтоустойчивыми штаммами дрожжей // Известия Вузов. Пищевая технология. 1993. № 3-4. С. 23-25.
- Scherbakov S.S., Potij V.S., Solodyannikova E.A. *Obrazovanie serosoderzhashchikh soedinenij sulf'toustojchivymi sbtammami drozhdzhej* // *Izvestiya Vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 1993. № 3-4. pp. 23-25. (in Russian)
7. Rodriguez C., Mayo J.C., Sainz R.M. et al. Regulation of antioxidant enzymes: A significant role for melatonin // Journal of Pineal Research. 2004. 36 (1). pp. 1-9.
8. Fernandez-Cruz E., Elvarez-Fernandez M.A., E.Valero et al. Melatonin and derived l-tryptophan metabolites produced during alcoholic fermentation by different wine yeast strains // Food Chemistry. 2017. Vol. 217. P. 431-437.
9. Кения М.В., Лукаш А.И., Гуськов Е.П. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе // Успехи соврем. биологии. 1993. Т. 113. С. 456-467.
- Keniya M.V., Lukash A.I. Gus'kov E.P. *Rol' nizkomolekulyarnykh antioksidantov pri okislitel'nom stresse* // *Uspekhi sovrem.biologii*. 1993. Vol. 113. pp. 456-467. (in Russian)
10. Половникова М.Г. Активность компонентов антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений онтогенезе в условиях городской среды // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 5. С. 777-785.
- Polovnikova M.G. *Aktivnost' komponentov antioksidantnoj zashchity i polifenoloksidazy u gazonnykh rastenijv ontogeneze v usloviyah gorodskoy sredy* // *Fiziologiya rastenij*. [Plant physiology]. 2008. Vol. 55. №5. pp. 777-785.
11. Гусакова С.В., Ковалев И.В., Смаглий Л.В. Газовая сигнализация в клетках млекопитающих // Успехи физиологических наук. 2015. Т. 46. № 4. С. 53-73.
- Gusakova S.V., Kovalev I.V., Smaglij L.V. *Gazovaya signalizaciya v kletkakh mlekoopitayuschih* // *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*. 2015. Vol. 46. № 4. pp. 53-73. (in Russian)
12. Balazy M., Abu-Yousef I.A, Harpp D.N., Park J. Identification of carbonyl sulfide and sulfur dioxide in porcine coronary artery by gas chromatography/mass spectrometry, possible relevance to EDHF // Biochemical and Biophysical Research Communications 2003. Vol. 311. P. 728-734.
13. Сукманский О.И., Реутов В.П. Газотрансмиттеры: физиологическая роль и участие в патогенезе заболеваний // Успехи физиологических наук. 2016. Т. 47. № 3. С. 30-58.
- Sukmanskij O.I., Reutov V.P. *Gazotransmittery: fiziologicheskaya rol' i uchastie v patogeneze zabolevanij* // *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*. 2016. Vol. 47. № 3. pp. 30-58. (in Russian)
14. Thomas D., Surdin-Kerjan Y. Metabolism of sulfur amino acids in *Saccharomyces cerevisiae* // Microbiol. Mol. Biol. Rev. 1997. Vol.61 (4). P. 503-532.
15. Нылов В.И., Скурихин И.М. Химия виноделия / 2-е изд., доп. и пер. М.: Пищевая промышленность, 1967. 441 с.
- Nilov V.I., Skurihin I.M. *Himiya vinodeliya* [The Chemistry of Winemaking] / 2-nd ed. M.: *Pishchevaya promyshlennost'*, 1967. 441 p. (in Russian)
16. Качалкин А.В., Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С. и др. Дрожжевые грибы виноградарства Дагестана и других регионов // Микробиология. 2015. Т. 84. № 3. С. 360-368. doi:10.1134/S002626171503008X
- Kachalkin A.V., Abdullabekova D.A., Magomedova E.S et al. Yeasts of the vineyards in Dagestan and other regions // *Microbiology*. 2015. Vol. 84. no.3. pp.425-432.
17. Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С., Магомедов Г.Г. и др. Дрожжевые сообщества каштановых почв под виноградниками Дагестана // Почвоведение. 2017. №12. С. 1494-1498. doi:10.1134/S1064229317110023
- Abdullabekova D. A., Magomedova E. S., Magomedov G. G et al. Yeast Communities of Chestnut Soils under Vineyards in Dagestan // *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol.50. no.12. pp.1463-1467.
18. Kurtzman C.P. Fell J.W., Boekhout T. The yeasts, a taxonomic study / 5th edition. Amsterdam et al.: Elsevier, 2011. 2080 p.
19. Гержилова В.Г. Методы теххимического контроля в виноделии / Под редакцией В.Г. Гержиловой. Симферополь: Таврида. 2009. 30 с.
- Gerzhikova V.G. *Metody tekhnobimicheskogo kontrolya v vinodelii* [Methods of technical and chemical control in winemaking] / Ed. by V.G. Gerzhikova. Simferopol': Tavrda. 2009. 30 p. (in Russian)
20. Яшин А.Я. Новый прибор «Цвет Яуза 01-АА» для определения суммарного содержания антиоксидантов в пищевых продуктах БАДах // Мир измерений. 2008. № 2. С. 56-60.
- Ashin A.YA. *Novyj pribor "Cvet Yauza 01-AA" dlya opredeleniya summarnogo soderzhaniya antioksidantov v pishchevykh produktah BADAh* // *Mir izmerenij*. 2008. № 2. pp. 56-60. (in Russian)
21. Rhee S.G. Cell signaling. H₂O₂, a necessary evil for cell signaling // Science. 2006. №312. P.1882-1883.
22. Коновалов С.А. Биохимия дрожжей. М.: Пищевая пром-ть, 1980. 271 с.
- Konovalev S.A. *Biobimiya drozhdzhej* [Yeast biochemistry]. M.: Pishchevaya prom-t', 1980. 271 p. (in Russian)
23. Глазунов А.И., Царану И.Н. Технология вин и коньяков. / А.И. Глазунов., И.Н. Царану. М.: Агропромиздат, 1988. 342 с.
- Glazunov A.I., Caranu I.N. *Tekhnologiya vin i kon'yakov* / A.I. Glazunov., I.N. Caranu. M.: Agropromizdat, 1988. 342 p. (in Russian)
24. Богомолов Б.Д., Сапотницкий С.А., Соколов О.М. и др. Переработка сульфатного и сульфитного шелоков: Учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1989. 360 с.
- Bogomolov B.D., Sapotnickij S.A., Sokolov O.M. et al. *Pererabotka sulf'fatnogo i sulf'fitnogo shchelokov: Uchebnik dlya vuzov*. M.: Lesnaya promyshlennost', 1989. 360 p. (in Russian)