СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КРАСНОГО СУХОГО ВИНА
МЕТОДАМИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ И АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

А.Захарова, к.х.н., **А.Кравченко**, **А.Иванова**, **Н.Исупова**, к.х.н., **И.Гринштейн**, к.х.н., ООО "Аналит Продактс"
za@analit-spb.ru

УДК 543.544.5.068.7; ВАК 02.00.02

Красное сухое вино – популярный и любимый многими продукт. Считается, что его потребление в разумных количествах полезно для здоровья, поскольку в этом напитке в значительных концентрациях присутствуют сильные антиоксиданты. Однако по вкусовым качествам и полезным свойствам продукция разных производителей сильно отличается. Проведено исследование химического состава десяти образцов красного вина разных регионов происхождения методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Определяли содержание органических кислот, транс-ресвератрола, охратоксина А, а также элементный состав.

С красным вином связывают так называемый "французский парадокс", суть которого заключается в том, что у жителей Франции сравнительно низкий уровень сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, несмотря на высококалорийный рацион питания с обильным содержанием жиров. Этот феномен обычно объясняют регулярным потреблением французами красного сухого вина.

Ягоды винограда и изготавливаемое из них вино богаты антиоксидантами: ресвератролом, катехином, эпикатехином и проантоцианидинами. Особенно положительно влияют на здоровье человека ресвератрол и проантоцианидины, эти соединения называют средствами профилактики болезней сердца, сосудов и раковых образований [1].

На прилавках наших магазинов появляется все больше разнообразного отечественного вина, а также напитков, поставляемых из различных регионов мира. Нам было интересно узнать, есть ли разница в химическом составе между отечественными, малоизвестными импортными и признанными авторитетными винами из Франции и Италии? Именно в этом заключалась основная задача нашего исследования, которое состояло из нескольких этапов.

При формировании органолептических свойств вина большую роль играют органические кислоты. Кроме того, их компонентный состав может служить критерием фальсификации. Поэтому мы исследовали их качественный и количественный состав.

Предполагают, что присутствующий в красном вине ресвератрол проявляет противоопухолевое действие, оказывает благотворное влияние на сердечно-сосудистую систему и обладает омолаживающим эффектом. Мы сравнили содержание этого компонента в красном вине разных производителей.

Известно, что такой опасный и распространенный микотоксин, как охратоксин А, накапливается в зараженном плесенью винограде и, следовательно, может обнаружиться в вине. Исключение составляют напитки, технология производства которых предусматривает использование винограда, пораженного "благородной плесенью".

Минеральные вещества участвуют в важнейших процессах в организме человека: водно-солевом и кислотно-щелочном обмене, в построении костной ткани. Они не синтезируются в организме, а поступают вместе с продуктами питания [1]. Сравнить минеральный состав вин различного происхождения – еще одна задача исследования.

DOI: 10.22184/2227-572X.2017.33.2.86.96

Таблица 1. Сведения об образцах вина

Маркировка образца	Сорт вина, торговое наименование образца, сорт винограда	Страна, регион происхождения	Содержание алкоголя, % об.	Дата розлива
№ 1	Сухое красное; Marques de Valcarlos Crianza (Маркиз де Валькарлос Крианса); вино защищенного наименования места происхождения; сортовой состав: Темпранильо 70%, Каберне Совиньон 30%	D.O. Наварра, Испания	14,0	25.11.2011
№ 2	Сухое красное; Echeveria (Эчеверия Каберне Совиньон Мерло Резерва); вино защищенного географического происхождения; сортовой состав: Каберне Совиньон 60%, Мерло 40%	Курико Валле, Чили	13,5	05.02.2013
№ 3	Выдержанное сухое красное; 100 оттенков красного. Каберне Фанагории; вино географического наименования; сорт винограда: Каберне Совиньон	ОАО "АПФ Фанагория", Краснодарский край, Россия	12,0–14,0	14.05.2016
№ 4	Сухое красное; BenMarcoCabernet Sauvingnon (Бенмарко Каберне Совиньон 2013); вино защищенного наименования места происхождения; сорт винограда: Каберне Совиньон	Мендоса, Аргентина	14,0	17.07.2014
№ 5	Сухое красное; Chateau les Bertrands (Шато ле Бертран); вино защищенного места происхождения; сортовой состав: Каберне Совиньон 50%, Мерло 50%	Кот де Бордо, Франция	13,0	02.06.2013
№ 6	Сухое красное; Caroline Bay (Каролин Бэй); вино защищенного наименования места происхождения; сорта винограда: Мерло 74%, Каберне Совиньон 25%, Каберне Фран 1%	Хокс Бей, Новая Зеландия	13,0	29.01.2016
№ 7	Сухое красное; Maremma Toscana Rosso Dante Alighieri (Данте Алигьери Маремма Тоскана); вино защищенного наименования места происхождения; сортовой состав: Санджовезе 50%, Мерло 30%; Каберне Совиньон 20%	DOC Маремма Тоскана, Италия	13,0	15.01.2016
№ 8	Сухое красное; Ликурия Каберне Совиньон 2015; сорт винограда: Каберне Совиньон	ООО "Лефкадия", Краснодарский край, Россия	13,0	26.08.2016
№ 9	Сухое красное; Chateau Barthez Haut-Medos 2009 (Шато Бартез); вино защищенного наименования места происхождения Apellation Haut Medoc Controlee; сортовой состав: Мерло 66%, Каберне Совиньон 2%, Каберне Фран 32%	Произведено и бутилировано во Франции	13,5	02.01.2015
№ 10	Красное полусухое; Montepulciano d´Abruzzo (Монтепульчиано д´Абруццо DOC); вино защищенного наименования места происхождения региона Абруццо; сорт: Монтепульчиано	Произведено: CantineRiuntine& CIV S, Италия	12,5	09.06.2016

Проанализирована случайная выборка из десяти красных сухих вин производства России, Латинской Америки, Новой Зеландии, Испании, Италии и Франции. Исследовали напитки, изготовленные из винограда сорта Каберне Совиньон или купажные вина, произведенные с использованием сока этого винограда. Каберне Совиньон широко применяется для производства вина, поскольку придает напитку насыщенный вкус, неприхотлив и устойчив к болезням. В табл.1 приведены сведения об исследованных образцах. На рис.1 представлены марки изученного вина на фоне жидкостных хроматографов Shimadzu LC-20 Prominence и LC-30 Nexera, использованных в работе.

Рис.1. Жидкостные хроматографы Shimadzu LC-20 Prominence, LC-30 Nexera и образцы красного сухого вина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В КРАСНОМ ВИНЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кислоты влияют на вкусовые качества, терпкость и аромат вина, в котором может содержаться до 35 кислот. Органические кислоты представлены винной, яблочной, молочной, янтарной, уксусной, лимонной, гликолевой, щавелевой. В состав этого напитка входит также набор жирных кислот и ряд ароматических фенолкислот (n-оксибензойная, коричная, кофейная, феруловая). Танины красных вин тоже являются частью кислотного семейства, их объединяют в отдельный класс. Винная, лимонная и яблочная – три основных кислоты в натуральном вине, они являются продуктами брожения виноградного сусла или мезги. Общая массовая доля винной и яблочной составляет 90%. Содержание винной кислоты в вине может доходить до 5,0 г/л, яблочной кислоты в отдельные годы – до 5,0 г/л, а лимонной – до 2 г/л [1]. В состав вина входят в ощутимых количествах также уксусная и молочная кислоты. Содержание молочной кислоты колеблется в широких пределах: от 1–2 до 5–6 г/л, присутствие этого соединения в вине было доказано в начале 20 века. В винограде и виноградном соке молочная кислота не содержится; в вине же она является побочным продуктом спиртового брожения, а также может образовываться при скисании под действием болезнетворных бактерий (молочнокислое брожение) или из яблочной кислоты под действием некоторых видов молочнокислых бактерий (яблочно-молочное брожение) [2].

Уксусная кислота – обязательный побочный продукт спиртового брожения – составляет основную долю летучих кислот вина, содержание которых контролируется [1, 2]. При свободном доступе воздуха все вино может превратиться в уксус. Уксусные бактерии, миллионы которых живут в забродившем виноматериале, перерабатывают винный спирт в воду и уксусную кислоту.

В России содержание кислот в вине контролируют методами титрометрии и спектрофотометрии в соответствии с нормативной документацией. При этом нормируются три показателя: титруемая кислотность – сумма содержащихся в вине кислот и их кислых солей, которые оттитровываются раствором щелочи до приведения pH к 7,0; летучая кислотность – параметр, характеризующий количество кислот, перешедших в отгон с водяным паром и оттитрованных раствором щелочи; а также содержание лимонной кислоты, которое определяется спектрофотометрически с использованием ферментативной реакции с никотинамид-адениндинуклеотидом [3, 4]. Определение обобщенных показателей не всегда позволяет установить подлинность вина, надежнее измерять концентрации индивидуальных органических кислот.

В Европейском союзе показатели качества и безопасности вина установлены соответствующим Регламентом ЕС и рекомендованы Международной организацией винограда и вина. В странах ЕС вино исследуется более чем по 50-ти показателям, в том числе определяется и общая, и титруемая кислотности, и индивидуальное содержание важнейших кислот вина.

По концентрации отдельных кислот и соотношению между ними можно судить о натуральности виноградных вин. Фальсифицированные вина могут представлять собой искусственную смесь этилового спирта, сахарозы, органической кислоты и прочих ингредиентов, и полностью соответствовать требованиям действующих государственных стандартов. Такие "напитки", обладая плохой органолептикой, способны стать и причиной отравлений. При выявлении недоброкачественного вина один из важных показателей – состав органических кислот. Исполь-

АНАЛИТ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Хроматография и хроматомасс-спектрометрия (ГХ и ГХМС, ВЭЖХ и ВЭЖХ-МС)

Применение: определение антибиотиков, пестицидов, ароматизаторов, красителей, консервантов и пр.

Атомные спектральные методы анализа (ААС, ИСП-АЭС)

Применение: определение токсичных металлов, минерального состава

SHIMADZU
Excellence in Science

ЛИЦЕНЗИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Обучение с выдачей удостоверения о повышении квалификации

ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Разработка и аттестация методик

Системы очистки воды

MERCK

Автоматическая система для твердофазной экстракции

LabTech

BÜCHI
SWITZERLAND

Специализированные анализаторы белка/жира

Ротационные испарители

АККРЕДИТОВАННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ

WWW.ANALIT-SPB.RU

199106, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
26-я линия В.О., д. 15, корп. 2, лит. А, офис 9.06
Тел./факс: (812) 325-55-02, 325-40-08
info@analit-spb.ru

Офис в МОСКВЕ: (495) 640-76-31
Офис в УФЕ: (347) 233-88-31
Офис в Н. НОВГОРОДЕ: (831) 228-46-85 (87)
Офис в КАЗАНИ: (843) 519-46-17

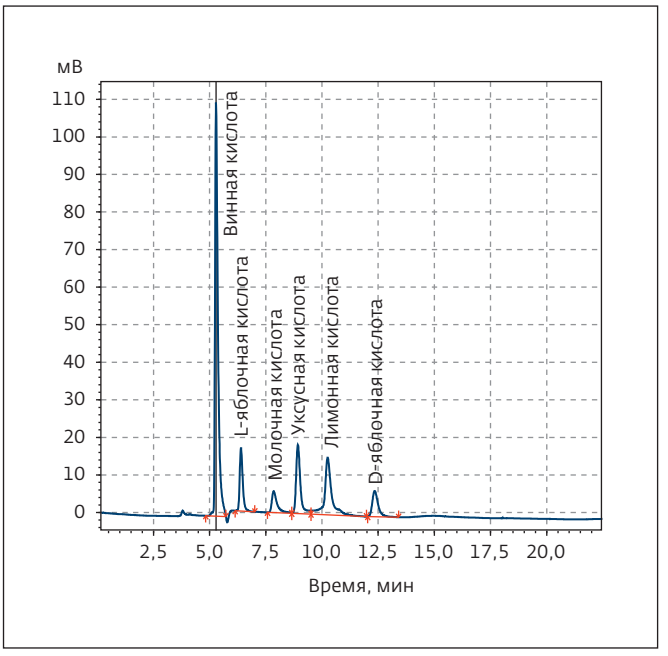

Рис.2. *Хроматограмма смеси органических кислот с концентрацией каждой 50 мг/л (винная кислота ~ 100 мг/л)*

зование высокоэффективной жидкостной хроматографии позволяет определить их покомпонентное содержание. В группу титруемых входят винная, яблочная, молочная, лимонная, янтарная кислоты, а к летучим относятся уксусная и пропионовая.

Мы исследовали количественное содержание основных кислот, влияющих на вкусовые свойства и качество напитка в наибольшей степени [5].

Ход эксперимента. Анализ проводили на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 Prominence (Япония), оснащенном спектрофотометрическим детектором SPD-20A, длина волны детектирования – 210 нм. Для разделения органических кислот использовали хроматографическую колонку производства Phenomenex, Synergi Hydro-RP 250×4,0 мм, с зернением 5 мкм.

В качестве подвижной фазы применяли 0,1%-ный раствор муравьиной кислоты в воде. Скорость потока подвижной фазы – 1 мл/мин. Объем вводимой пробы – 20 мкл.

Пробы вина предварительно разбавляли в 10 раз подвижной фазой.

Для построения градуировочной зависимости использовали стандартные образцы винной, яблочной, молочной, уксусной, лимонной кислот. В качестве растворителя применяли подвижную фазу.

Результаты исследования десяти проб красного сухого вина на содержание в них органических кислот приведены в табл.2.

На рис.2 представлен пример хроматограммы стандартного раствора органических кислот, а на рис.3 – хроматограмма образца вина № 10.

Все исследованные образцы включали набор органических кислот, характерный для натуральных вин, однако их концентрации в некоторых пробах значительно отличались от типичного уровня. Как и ожидалось, больше всего в винах содержится винной кислоты. Однако винной и яблочной кислот оказалось существенно меньше в образце № 8 (производ-

Таблица 2. *Содержание органических кислот и ресвератрола в пробах красного сухого вина*

Маркировка образца	Содержание органических кислот, мг/л					Содержание ресвератрола, мг/л
	винная	яблочная	молочная	уксусная	лимонная	
№ 1	2914	523	7	9	9	2,8
№ 2	3158	584	1980	902	36	0,8
№ 3	3106	639	2743	976	152	3,0
№ 4	2031	378	491	289	68	2,4
№ 5	2201	480	330	412	9	24,7
№ 6	2066	173	1275	1021	496	8,3
№ 7	2229	134	1360	1002	624	5,5
№ 8	362	60	352	133	26	2,7
№ 9	2421	185	397	884	144	4,0
№ 10	3613	328	1287	913	275	7,2

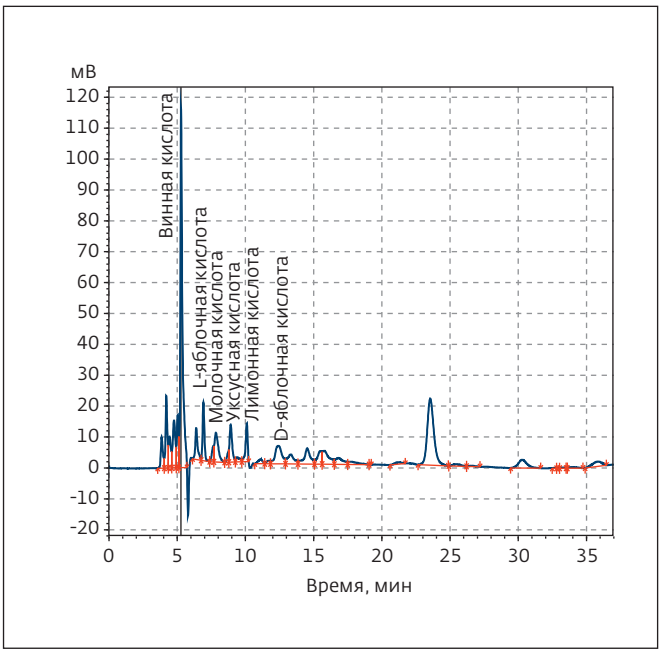

Рис.3. Хроматограмма образца вина № 10

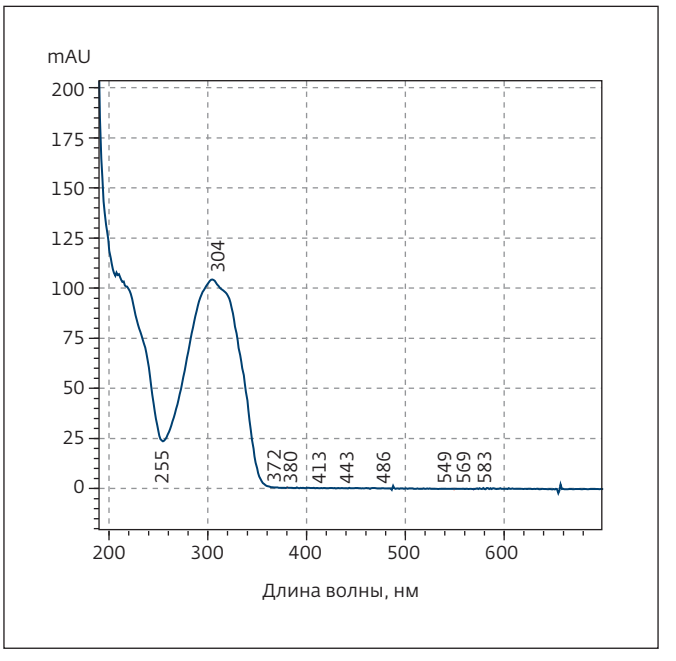

Рис.4. Спектр поглощения транс-ресвератрола

ство Россия), чем в остальных. Концентрация именно винной кислоты в данном продукте почти на порядок ниже, чем в большинстве других исследованных вин. Известно несколько способов "исправления" изготовленных с нарушением технологии вин, при этом, как правило, наблюдается изменение кислотного профиля. Возможно, отличие кислотного распределения в данном напитке от остальных связано именно с этим фактом.

В образце № 3 (Фанагория, Россия) содержание молочной и яблочной кислот было несколько выше, чем в остальных. Для смягчения вкуса вина виноделы иногда используют процесс яблочно-молочного брожения. При этом происходит разложение яблочной кислоты до молочной с образованием диоксида углерода. Можно предположить, что и в данном случае некоторое увеличение содержания молочной и яблочной кислот было связано с особенностями технологии производства.

В образце № 1 (Маркиз де Валькарлос Крианса, Испания) обращают на себя внимание низкое содержание уксусной, молочной и лимонной кислот. На количественный состав этих компонентов в вине влияет содержание сахара в исходном сырье. Кроме того, в процессе брожения кислотность напитка может снизиться за счет окисления части кислот, выпадения солей некоторых кислот в осадок, а также за счет разложения этих соединений бактериями. Эти процессы регламентируются технологией производства.

Массовая концентрация лимонной кислоты во всех напитках не превысила допустимых пределов в соответствии с ГОСТ 32030-2013 "Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия" – 1 г/л. Присутствие молочной кислоты не выходило за описанный в литературе диапазон 1–6 г/л. Содержание уксусной кислоты оценивали по сравнению с нормами ГОСТ 32030-2013 как массовую концентрацию летучих кислот – не более 1,0 г/л.

Таким образом, использование высокоэффективной жидкостной хроматографии позволило оценить компонентный состав органических кислот в исследованных винах и обратить внимание на странности в содержании определенных кислот в некоторых образцах.

СОДЕРЖАНИЕ РЕСВЕРАТРОЛА В КРАСНОМ ВИНЕ

Вино содержит ряд полифенолов, наиболее ценный для здоровья человека – ресвератрол – это природный фитоалексин. Он синтезируется в растениях и защищает их от болезней, вызванных паразитами. Ресвератрол образуется в кожуре, причем его количество зависит от места произрастания и температуры созревания винограда. Интерес к изучению влияния ресвератрола на здоровье человека не ослабевает с начала 1990-х годов, когда было установлено его присутствие в красном вине [6]. Проводятся исследования эффективности ресвератрола как средства предотвращения рака, развития сер-

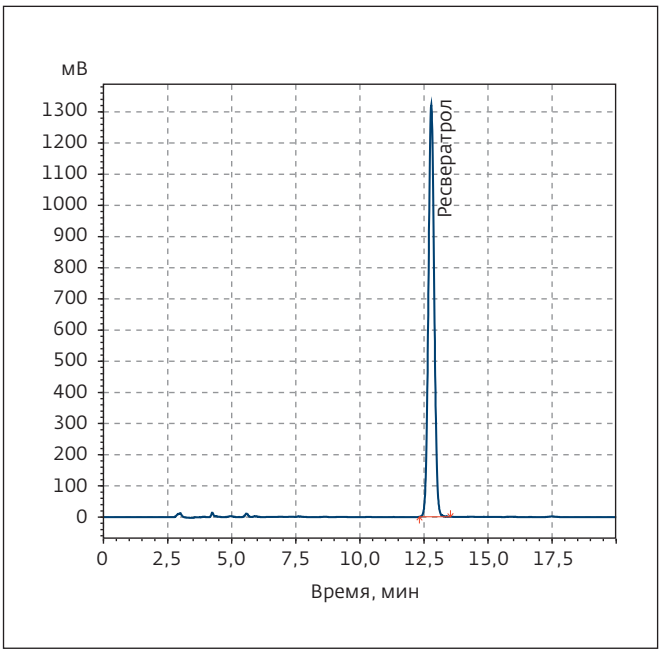

Рис.5. *Хроматограмма стандартного раствора транс-ресвератрола концентрацией 10 мг/л, полученная на флуориметрическом детекторе RF-20A*

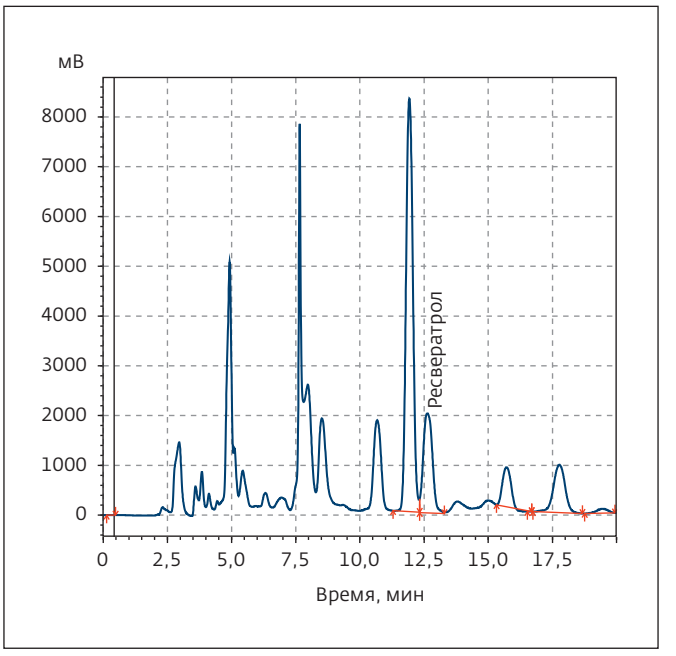

Рис.6. *Хроматограмма образца № 5, флуориметрический детектор RF-20A*

дечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний [7].

Ресвератрол встречается в виде двух пространственных изомеров цис- и транс-. Особое внимание уделяется транс-ресвератролу (3,4,5-тригидроксистилбену), как биологически активной форме. Ценятся именно те вина, которые изготовлены из винограда, содержащего ресвератрол в основном в транс-форме. К тому же цис-ресвератрол – неустойчивое соединение, которое под действием света переходит в транс-форму [8, 9].

Ход эксперимента. Анализ проводили на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-30 Nexera (Япония), оснащенном флуориметрическим детектором RF-20A (длины волн возбуждения и эмиссии – 300 и 386 нм соответственно) и спектрофотометрическим детектором на диодной матрице SPD-M20A (длина волны детектирования 310 нм). Детекторы были последовательно соединены друг с другом. Правильность идентификации транс-ресвератрола в пробах вина подтверждали совпадением времени удерживания пика и спектра поглощения транс-ресвератрола в пробе и в стандартном растворе. Количественное определение транс-ресвератрола выполняли на флуориметрическом детекторе. Спектр поглощения стандарта ресвератрола представлен на рис.4. Использовали обращенно-фазовую колонку XB-C18 Kinetex 250×4,6 мм, с зернением 5 мкм.

В качестве подвижной фазы применяли смесь ацетонитрила и 0,2%-ного водного раствора муравьиной кислоты в соотношении 23:77 (об.). Режим элюирования – изократический; скорость потока подвижной фазы во время анализа – 1,0 мл/мин; объем вводимой пробы – 20 мкл.

Для построения градуировочной характеристики использовали стандарт транс-ресвератрола. В качестве растворителя применяли метанол. Градуировочная зависимость была получена в диапазоне от 5 до 100 мг/л.

Пробоподготовку проводили методом жидкостно-жидкостной экстракции. Отбирали 5 мл пробы, доводили pH до значения 2 при помощи 0,1 HCl, контролировали значение pH с помощью pH-метра. Затем добавляли 5 мл диэтилового эфира, тщательно перемешивали в течение 5 мин в делительной воронке, после полного разделения слоев отделяли верхний слой и упаривали досуха на ротационном испарителе. Сухой остаток перерастворяли в 1 мл метанола. Раствор подвергали хроматографическому анализу. На рис.5 приведена хроматограмма стандартного раствора транс-ресвератрола с концентрацией 10 мг/л.

Результаты исследования десяти проб красного вина на содержание в них транс-ресвератрола представлены в табл.2.

Во всех проанализированных пробах вина обнаружен ресвератрол. Больше всего его содержится

в образце № 5 (красное сухое вино из купажа сортов винограда Каберне Совиньон и Мерло, производство Франции) – 24,7 мг/л (рис.6). В относительно низких концентрациях (в 6–30 раз ниже, чем в образце № 5, и более чем в 2 раза ниже его среднего содержания в исследованных пробах: 6,1 мг/л) он найден в образцах 1, 2, 3, 4 и 8. Самое же низкое содержание транс-ресвератрола обнаружено в образце № 2 (красное сухое вино из купажа сортов винограда Каберне Совиньон и Мерло, производство Чили), примерно в 31 раз меньше, чем в пробе № 5. В образцах 6, 7, 9 и 10 – содержание транс-ресвератрола варьируется в диапазоне 4–8,3 мг/л, что близко к его среднему значению в исследованных винах. Присутствие в напитках транс-ресвератрола подтверждает использование при производстве натурального виноградного сырья.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОХРАТОКСИНА А В КРАСНОМ ВИНЕ

Охратоксин А – микотоксин, который образуется в заплесневелых аграрных продуктах – в зерне, кофе, сухофруктах и красном вине при высоких температуре и влажности [10]. Он относится к канцерогенам, так как способен вызывать опухоли мочевыводящих путей. Кроме того, охратоксин А подавляет иммунитет [11, 12]. Сухое фруктовое вино часто содержит охратоксин в значительных, опасных для здоровья человека, количествах. Поэтому испытывать вина на содержание охратоксина А (ОТА) обязывает регламент Европейской комиссии № 401/2006 от 23 февраля 2006 года, вступивший в силу с 1 июля 2006 года. В соответствии с техническим регламентом таможенного союза "О безопасности алкогольной продукции" ТРТС 201_/00 установлена макси-

Таблица 3. *Содержание макро- и микроэлементов в пробах красного вина*

Элемент	Содержание элемента в исследованных образцах, мг/л										Суточная потребность, мг/сут [16, 17]	Сод. по лит. данным, мг/л [16, 17]
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10		
Al (394,403 нм)	0,4	0,6	0,6	0,3	0,4	0,7	1,1	0,2	0,6	1,1	–	–
B (249,773 нм)	12	7	13	11	5	6	7	9	4	7	1–2	–
Ba (233,527 нм)	< 0,01	0,08	0,05	< 0,01	0,19	0,01	0,09	< 0,01	0,26	0,03	–	–
Ca (422,673 нм)	41	65	61	66	59	49	102	53	59	87	1000	150–200
Cu (324,754 нм)	0,07	0,03	0,03	0,07	0,08	0,44	0,26	0,12	0,06	0,10	3–5	–
Fe (259,940 нм)	2,2	2,6	2,2	1,2	4,4	1,4	4,6	1,5	3,1	3,9	14	4–11
K (766,490 нм)	1200	1130	1040	1370	1450	1230	1310	1410	1280	1130	3500	500–1600
Mg (383,826 нм)	127	131	116	92	93	95	105	84	103	117	400	100–250
Mn (260,569 нм)	0,9	1,6	1,7	0,8	1,4	0,9	1,5	1,2	1,9	0,9	5–10	–
Na (589,592 нм)	23	8,6	45	29	18	26	28	10	22	23	1000	100–170
P (213,918 нм)	236	835	360	580	354	629	429	445	430	462	1000	100–350
S (182,037 нм)	204	250	294	325	339	202	279	229	228	238	4000–5000	–
Si (251,611 нм)	8	14	15	21	12	22	16	12	19	13	50–100	–
Zn (213,856 нм)	0,6	0,4	0,4	0,4	1,3	0,8	0,8	0,4	2,2	0,1	15	–

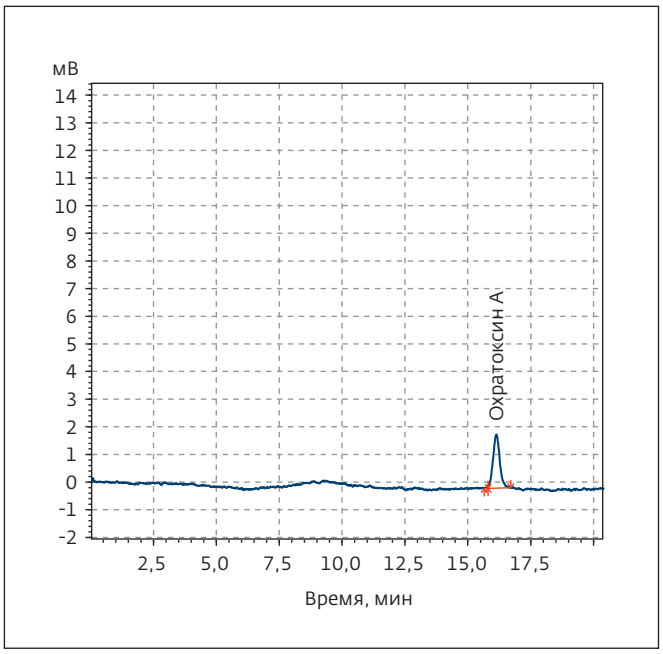

Рис.7. *Хроматограмма раствора стандартного образца охратоксина А, полученная на флуориметрическом детекторе RF-20A*

мально допустимая концентрация охратоксина А в вине – 2 мкг/л [13].

Ход эксперимента. Анализ проводили на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-30 Nexera (Япония), оснащенном флуориметрическим детектором RF-20A, длины волн возбуждения и эмиссии – 333 и 460 нм соответственно. Использовали обращенно-фазовую колонку Supelcosil LC-C18 250 × 4,6 мм, с зернением 5 мкм.

Пробоподготовку и хроматографический анализ проводили согласно ГОСТ 33287-2015 "Вино и виноматериалы. Определение содержания охратоксина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии", который вступил в силу с 1 января 2017 года [14].

В качестве подвижной фазы применяли смесь ацетонитрила с водным раствором уксусной кислоты. Режим элюирования – изократический. Скорость потока подвижной фазы во время анализа – 1,0 мл/мин. Объем вводимой пробы – 20 мкл.

Для построения градуировочной характеристики использовали СОП 0015-97 охратоксина А в ацетонитриле с концентрацией 50 мкг/мл. Градуировочная зависимость была получена в диапазоне от 0,001 до 0,1 мг/л.

На рис.7 представлена хроматограмма раствора стандартного образца охратоксина А.

Во всех исследованных образцах вина содержание охратоксина А не превысило 0,001 мг/л – нижней концентрации градуировочной зависимости – при нормативном содержании менее 0,002 мг/л. Этот результат означает соответствие требованию технического регламента Таможенного союза.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВИНА

Минеральные вещества участвуют в важнейших процессах, происходящих в организме: водно-солевом и кислотно-щелочном обмене, построении костной ткани и различных белков. Поэтому важно контролировать содержание в пищевых продуктах не только токсичных (Cd, Hg, As и Pb), но и необходимых для полноценной жизнедеятельности человека элементов. В зависимости от содержания в организме и пищевых продуктах их подразделяют на макроэлементы (Na, K, Ca, S, P, Mg) и микроэлементы (Fe, Cu, Zn, Se и др.) [6, 15, 16].

Эксперимент проводили на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9820 (Shimadzu). Образцы вина анализировали напрямую без предварительной подготовки.

Условия измерения: мощность ВЧ-генератора – 1,4 кВт; расход газа плазмы – 18 л/мин; расход вспомогательного газа – 1,4 л/мин; расход газа носителя – 0,6 л/мин; время экспозиции – 15 с; режим обзора – радиальный (низкая позиция).

Результаты измерений в сравнении с литературными данными приведены в табл.3.

Все проанализированные образцы вина обладают богатым и разнообразным минеральным составом. В наибольшем количестве в напитках присутствует калий, что закономерно для продуктов растительного происхождения. Калий участвует в регулировании водно-солевого баланса и укреплении мышечной ткани (в том числе миокарда) и лучше усваивается в организме человека, поступая с продуктами растительного, а не животного происхождения. Разброс содержания каждого элемента в исследованных образцах составляет 1,5–3 раза. Исключением является образец № 9 – содержание цинка в нем примерно в 5 раз выше, чем в остальных, но в пределах суточной потребности организма.

При сравнении полученных результатов с литературными данными видно, что в проанализированных образцах ниже среднестатистического содержание кальция, железа (образцы 1–6, 7–10), магния (образцы 4–6, 8) и натрия. Различие в минеральном составе может быть связано с особенностями географического произрастания винограда, с технологией производства или с тем, что при определении относительно низких содержаний распространенных элементов в принципе легко получить завышенные

результаты, особенно при использовании предварительной пробоподготовки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всех образцах, независимо от страны-производителя, были обнаружены пять анализируемых кислот – винная, яблочная, молочная, уксусная и лимонная. Однако соотношение их содержания в образцах оказалось различным, что обусловлено исходным сырьем и особенностями технологии и, несомненно, сказывается на вкусе вина. Таким образом, метод ВЭЖХ является более информативным при оценке содержания органических кислот по сравнению с такими традиционными интегральными методами как сумма титруемых или летучих кислот. Отметим, что было бы полезно аналогично европейским регламентам ввести контроль покомпонентного содержания органических кислот в российские нормативные документы.

Природный антиоксидант транс-ресвератрол действительно присутствует во всех исследованных образцах красного сухого вина. Самая большая концентрация этого соединения выявлена в напитке из Франции. В образцах из других регионов земного шара его количество варьировалось более чем на порядок.

Превышения содержания охратоксина А не обнаружено ни в одном из образцов, что не может не радовать.

В исследованном вине содержится широкий набор макро- и микроэлементов. В натуральных винах в первую очередь преобладает калий – элемент, способствующий укреплению сердечной мышцы.

***

Как мы видим, красное сухое вино богато различными полезными веществами. Многообразие вкусов позволяет каждому выбрать напиток по душе. Однако не следует забывать, что вино содержит алкоголь, поэтому употреблять его нужно в умеренном количестве.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петров А.П., Помазанов В.В.** и др. Проблемы органолептической и инструментальной оценки качества и подлинности алкогольной продукции // Партнеры и конкуренты. 2001. № 7. С. 36–41.
2. **Гержикова В.Г.** и др. Методы технохимического контроля в виноделии // Симферополь: Таврида, 2002. 260 с.
3. ГОСТ Р 52391-2005. Продукция винодельческая. Метод определения массовой концентрации лимонной кислоты. М.: Стандартинформ, 2007. 11 с.
4. ГОСТ Р 52523-2006. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2008. 23 с.
5. **Кушнерева Е.В., Агеева Н.М., Гугучкина Т.И.** Влияние факторов спиртового брожения на формирование кислотности виноградных вин // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. 2013. Т. 4. С. 107–115.
6. **Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И.** Химия пищи. М.: КолосС. 2007. 853 с.
7. **Brown L., Taylor S.** A red-wine polyphenol called resveratrol demonstrates significant health benefits // Alcoholism: Clinical and Experimental Research. Public release: 11.06.2009.
8. **Le Corre L., Leger-Enreille A., Chalabi N., Delort L., Yves-Jean B., Bernard-Gallon D.J.** HPLC Analysis of Trans-Resveratrol in Human Plasma After Red Wine Consumption // The Open Chemical and Biomedical Methods Journal. 2008. V. 1. № 1. P. 7–10.
9. **Lachman J., Kotíková Z., Hejtmánková A., Pivec V., Pšeničnaja O., Šulc M., Střalková R., Dědina M.** Resveratrol and piceid isomers concentrations in grapevine shoots, leaves, and tendrils // Horticultural Science (Prague). 2016. V. 43. № 1. P. 25–32. Doi: 10.17221/258/2014-HORTSCI.
10. Reports of the Scientific Committee for Food, 35th series, Opinion of the Scientific Committee for Food on aflatoxins, ochratoxin A and patulin. 1996. P. 45–50.
11. **Bellí N., Ramos A.J., Coronas I., Sanchis V., Marin S.** Aspergillus Carbonarius growth and ochratoxin A production on a synthetic grape medium in relation to environmental factors // Journal of Applied Microbiology. 2005. V. 98. № 4. P. 839–844.
12. **Silva de Abreu P., Terra M.F., Prado G., Santiago W.D., das Gracas Cardoso M., Valeriano C., Batista L.R.** Ochratoxin A in wines and evaluation of consumer exposure // Food and Health. 2016. V. 6. № 5. P. 107–114.
13. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности алкогольной продукции" ТРТС 201_/00.
14. ГОСТ 33287-2015. Вино и виноматериалы. Определение содержания охратоксина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
15. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М.Скурихина и академика РАМН, проф. В.А.Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
16. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01. М.: ФГУП "ИнтерСЭН", 2002. 186 с.
17. **Скальный А.В.** Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир, 2004. 216 с.