

УДК 614.31: 543.51: 543.544.5.068.7: 543.64  
DOI: 10.21668/health.risk/2024.4.06



Научная статья

## ИЗУЧЕНИЕ КОНТАМИНАЦИИ МИКОТОКСИНАМИ ВИНОГРАДНОГО ВИНА, ПОТРЕБЛЯЕМОГО В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И.Б. Седова<sup>1</sup>, З.А. Чалый<sup>1</sup>, В.А. Тутельян<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Российская Федерация, 109240, г. Москва, Устьинский пр., 2/14

<sup>2</sup>Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8/2

Виноградное вино является одним из наиболее популярных и распространенных алкогольных напитков в мире. Поражение винограда, используемого при его приготовлении, плесневыми грибами может приводить к накоплению опасных для здоровья человека соединений – микотоксинов. В связи с их высокой токсичностью и возможным риском для здоровья целью данного исследования было изучение загрязненности виноградных вин, реализуемых в России, широким спектром токсинов и оценка риска здоровью населения, связанная с его потреблением.

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией в 36 образцах вина было определено содержание 27 микотоксинов. В их число входили регламентируемые в пищевых продуктах токсины, их производные и структурные аналоги, а также эмерджентные микотоксины (альтернариатоксины, цитринин, стеригматоцистин, циклопиазоновая, микофеноловая и тенуазононовая кислоты, монилиформин, энниатины, боверицин).

Получены данные, свидетельствующие о загрязненности микотоксинами виноградных вин, потребляемых в России: 31 % проб содержал токсины на относительно низких уровнях загрязнения. Чаще других токсинов выявляли афлатоксин G2, альтенуен, микофеноловую кислоту и стеригматоцистин; в единичных случаях – зеараленон, тенуазононовую кислоту и охратоксин А. Наиболее загрязненными МТ оказались образцы красного вина. Только в полученных по импорту образцах вина были найдены фумонизин В1, зеараленон, стеригматоцистин, альтенуен и охратоксин А. В четырех исследованных образцах вина были найдены одновременно несколько токсинов.

Несмотря на относительно низкий уровень контаминации микотоксинами вина, остается потенциальная опасность их хронического поступления человеку. Расчетное среднее поступление афлатоксинов может достигать 28 % от величины референтного значения, а максимальное – даже превышать эту величину. Расчетная нагрузка другими токсинами свидетельствует о незначительном вкладе виноградного вина (до 2,8 % от величины референтного значения) в их поступление на население РФ.

**Ключевые слова:** микотоксины, эмерджентные микотоксины, загрязнение, вино, охратоксин А, афлатоксины, ВЭЖХ-МС/МС.

Виноград относится к наиболее любимым и потребляемым ягодам на территории России. Грибковые заболевания, вызванные *Plasmopara viticola*, *Botrytis cinerea*, *Greeneria uvicola*, *Glomerella cingulata*, а также видами *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Colletotrichum* и *Phomopsis*, снижают урожайность и качество винограда [1]. Среди грибов, вызывающих заболевания винограда, есть нитчатые грибы видов *Alternaria*, *Aspergillus* и *Penicillium*, способные продуцировать токсичные вторичные метаболиты – микотоксины

(МТ). Имеются сведения о выявлении в винограде альтернариола (АОН), афлатоксинов (AFL), монометилового эфира альтернариола (АМЕ), тенуазононовой кислоты (ТеА), фумонизинов В1 и В2 (FB1 и FB2), патулина (ПАТ), пенициловой кислоты (РА), циклопиазоновой кислоты (СРА), зеараленона (ZEN), цитринина (СІТ) и охратоксина А (ОТА) [2–5]. Их токсическое действие связано с нефротоксичностью, гепатотоксичностью, цитотоксичностью, тератогенностью и иммунотоксичностью [6]. В связи с высокой токсичностью МТ и возможным риском

© Седова И.Б., Чалый З.А., Тутельян В.А., 2024

Седова Ирина Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории энзимологии питания (e-mail: isedova@ion.ru; тел.: 8 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6011-4515>).

Чалый Захар Андреевич – младший научный сотрудник лаборатории энзимологии питания (e-mail: brew@ion.ru; тел.: 8 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9371-8163>).

Тутельян Виктор Александрович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: tutelyan@ion.ru; тел. 8 (495) 698-53-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>)

ком для здоровья населения проводятся многочисленные исследования на предмет их наличия в сырье и пищевых продуктах.

ОТА является наиболее изученным из МТ в виноградной продукции и может представлять реальную проблему для промышленности. Согласно оценкам Комиссии «Кодекс Алиментариус», вино является вторым пищевым продуктом после зерновых с наибольшим вкладом в ежедневное поступление ОТА (до 15 %) [7]. Контаминация ОТА может произойти на любом этапе процесса виноделия: начиная от колонизации винограда микотоксигенными грибами, заканчивая процессом упаковки вина. Однако основное загрязнение готового продукта происходит в результате переноса микотоксинов из винограда [8]. Кроме того, процесс виноделия сильно влияет на содержание ОТА, так как в красных винах отмечаются более высокие концентрации, чем в розовых и белых винах [9].

Имеются сведения о выявлении этого токсина в вине за последние 20 лет в различных странах мира: в России (до 0,64 мкг/л) [10], США (до 8,6 мкг/л) [11], Европе: Греции (до 0,212 и 2,52 мкг/л) [12, 13], Дании (до 0,6 мкг/кг) [14], Испании (до 0,104 и 0,142 мкг/л) [12, 15], Италии (до 0,286; 1,56; 2,28 мкг/л) [12, 16, 17], Португалии (до 1,18 мкг/л) [18], Сербии (до 0,134 мкг/л) [19], Франции (до 0,088 мкг/л) [12], Хорватии (до 0,061 и 0,24 мкг/л) [2, 12], Аргентине (до 0,98 мкг/л) [20], Бразилии (до 0,62 мкг/л) [21], Израиле (до 0,065 мкг/л) [12], Китае (до 0,98 и 1,27 мкг/л) [3, 22], Таиланде (до 1,72 мкг/л) [23], Турции (до 0,101 мкг/л) [12], Южной Африке (до 0,455 мкг/л) [12].

Гигиенические регламенты содержания МТ в виноградном вине в настоящее время отсутствуют в РФ. При этом в некоторых странах мира введены ограничения содержания ОТА: в странах ЕС<sup>1</sup> и Корея – на уровне 2 нг/г, в Бразилии – 10 нг/г [24].

Для объективной оценки контаминации виноградных вин малоизученными токсинами микромицетов в перечень анализируемых МТ были включены 12 видов эмерджентных МТ (ЭМТ), источниками которых могут быть как представители *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., так и грибы других родов.

В связи с изложенным **цель исследования** – изучение частоты и уровней контаминации широким спектром МТ виноградных вин, реализуемых в России. В продуктах определяли содержание 27 МТ, включая регламентируемые в пищевых продуктах растительного происхождения, их производные, структурные аналоги и ЭМТ.

**Материалы и методы.** Образцы виноградного вина были приобретены в торговой сети Москвы и

Московской области в 2020 г. Всего было исследовано 36 образцов, которые включали 21 пробу красного вина, 12 – белого, 3 – розового вина. Производителями вина были Россия, включая республики Крым и Дагестан, а также Грузия, Чили, Италия, Франция, Новая Зеландия, Аргентина, Испания, Австрия и Израиль.

Отбор проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на анализ проводился в соответствии с ГОСТ 33303-2015 «Продукты пищевые. Методы отбора проб для определения микотоксинов»<sup>2</sup>.

Во всех исследованных образцах определяли содержание МТ, продуцируемых грибами родов *Penicillium* и *Aspergillus*: ОТА, AFL B1, B2, G1, G2, PAT, STC, CIT, PA, MPA, рода *Alternaria*: AOH, AME, ALT, TEN и TeA, рода *Fusarium*: DON, FB1, FB2, токсины T-2, HT-2, ZEN, β-зеараленол (β-ЗЕЛ), ниваленол (NIV), монилиформин (МО), боверицин (BEA), энниатины А и В (ENN А и В). Среди изученных МТ CIT, STC, MPA, МО, ENN А, ENN В, BEA, TEN, TeA, AOH, AME и ALT являлись эмерджентными МТ (ЭМТ).

**Подготовка проб вина.** За основу была взята методика [14] с минимальной модификацией. Из представительной пробы объемом не менее 100 см<sup>3</sup> в центрифужную пробирку вместимостью 50 см<sup>3</sup> отбирали 5 ± 0,02 г вина, добавляли 5 г воды, затем 10 см<sup>3</sup> ацетонитрила, содержащего 1 % уксусной кислоты, перемешивали в течение 1 мин при 300 об./мин. В пробирку вносили 3 г безводного сульфата магния, немедленно перемешивали в течение 1 мин, 3 см<sup>3</sup> аликвоты ацетонитрильного экстракта (верхний слой) переносили в другую центрифужную пробирку, содержащую 450 мг безводного сульфата магния, тщательно перемешивали механически в течение 1 мин. Пробирку центрифугировали при 4000 об./мин при 10 °С в течение 4 мин. К аликвоте экстракта объемом 0,5 см<sup>3</sup> добавляли 0,5 см<sup>3</sup> метанола. Полученный раствор использовали для количественного анализа. Пробы готовили для анализа в двух повторностях.

Анализ образцов продуктов переработки винограда на наличие МТ проводили с использованием ВЭЖХ системы Waters Acquity H-plus HPLC, соединенной с тройным квадрупольным масс-спектрометрическим детектором с подогреваемым источником (XEVO TQ-XS), контролируемым программным обеспечением MassLynx V4.2 (Waters Corporation, США). Температура в автосамплере – 4 °С. Разделение аналитов осуществляли на колонке, заполненной силикагелем с привитыми группами октадецилсилана (Zorbax SB-C18, 150 × 4,6 мм, 3,5 мкм, Agilent). Температура колонки в термостате – 30 °С. Скорость потока элюента – 0,5 мм<sup>3</sup>/мин. Объем вносимой пробы составил 10 мм<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> European Commission. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006 // Off. J. Eur. Union. – 2023. – № L 119. – P. 103–157.

<sup>2</sup> ГОСТ 33303-2015. Продукты пищевые. Методы отбора проб для определения микотоксинов: Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2016.

Градиентное элюирование было применено для разделения токсинов: фаза А – вода: метанол (95: 5 об. %); фаза Б – метанол: вода (95: 5 об. %), обе фазы модифицированы 10 мМ ацетатом аммония. Схема градиентного элюирования в условиях отрицательной полярности ионизации: от 0 до 1 мин – 0 % Б, от 1 до 7 мин – линейное увеличение Б от 0 до 70 %, от 7 до 15 мин – линейное увеличение Б от 70 до 100 %, от 15 до 19 мин – постоянно 100 % Б, от 19 до 19,5 мин – линейное снижение Б до 0 %, от 19,5 до 22 мин – уравнивание системы при 0 % Б. Схема градиентного элюирования в условиях положительной полярности ионизации: от 0 до 7 мин – линейное увеличение Б от 10 до 75 %, от 7 до 17 мин – линейное увеличение Б от 75 до 100 %, от 17 до 19 мин – постоянно 100 % Б, от 19 до 19,5 мин – линейное снижение Б от 100 до 10 %, от 19,5 до 24 мин – уравнивание системы при 10 % Б. МС/МС детектирование осуществляли в режиме электроспрея в динамическом режиме MRM в условиях положительной и отрицательной ионизации.

Параметры источника: ионная ловушка с ионизацией электроспреем; капиллярное напряжение – 0,5 кВ, напряжение конуса – 3 В, температура источника – 500 °С; температура десольватации – 500 °С; поток газа в конусе – 150 дм<sup>3</sup>/ч, поток газа десольватации – 1000 дм<sup>3</sup>/ч, поток газа для соударения – 0,15 см<sup>3</sup>/мин, давление небулайзера – 7 бар.

Стандартные растворы смесей МТ готовили из сухих стандартов (Sigma-Aldrich; Fermentek, Jerusalem, Israel). Стандартные растворы хранения AFL, STC, CIT, PA, PAT, трихотецены групп А и В, ZEN и аналоги, ОТА готовили в ацетонитриле, стандартные растворы хранения токсинов *Alternaria*, ENN А, ENN В, BEA, MPA, MO – в метаноле, FB1, FB2 – в смеси «ацетонитрил / вода» – 50 / 50 (% об.), с концентрацией 100 или 500 мкг/см<sup>3</sup>. Из стандартных растворов готовили мультистандарты и калибровочные растворы. Все растворы хранились при температуре минус 18 °С.

**Статистическая обработка данных.** Статистически обработанные данные по содержанию

МТ в исследованных пробах представляли в виде  $M$  – среднего арифметического среди проб всего ряда и  $M_{\text{конт}}$  – среднего арифметического среди загрязненных проб соответственно; и 95%-ного персентиля. При расчете среднего уровня контаминации образцов в пробах всего ряда содержание МТ в пробах, загрязненных на уровне ниже предела количественного определения метода, принимали за «ноль».

Для количественного определения МТ в виноградном вине использовали внешние градуировки на «чистой» матрице. Пределы количественного определения МТ (ПКО), рассчитанные по 10-σ критериям, для образцов (в мкг/кг) составили для STC – 0,25, ОТА – 0,30, AFL B1, T-2, MPA, TEN – 0,40, AFL B2, G1, G2, HT-2, AME, ALT – 1,00, BEA, ENN А, ENN В – 1,50, АОН, PA – 2,00, CIT – 3,00, FB1, ZEN – 4,0, PAT, β-ZEL – 6,00, DON, NIV – 20,00, FB2 – 25,0, MO – 30,00, TeA – 40,00.

**Результаты и их обсуждение.** Изучение загрязненности МТ виноградных вин показало наличие 10 из 27 анализируемых МТ в 11 (31 %) из 36 изученных образцов (табл. 1). В целом выявлены относительно низкие частота и уровни контаминации токсинами этих напитков.

В 4 образцах был обнаружен AFL G2 в количестве от 1,01 до 3,05 мкг/кг. Несколько реже, в 8 % случаев, находили ALT и MPA. В двух из 36 изученных образцов вина были выявлены TEN, FB1 и STC в количестве до 0,84, 27 и 1,70 мкг/кг соответственно. В единичных образцах обнаруживали токсины HT-2 (1,18 мкг/кг), ОТА (0,39 мкг/кг), ZEN (5,08 мкг/кг) и TeA (146,5 мкг/кг). Содержание ОТА не превышало величин гигиенических регламентов, установленных в этом виде продукции.

О случаях выявления в образцах виноградного вина AFL в более низких концентрациях и ОТА было сообщено в [16]. В этом исследовании от 10 до 13 % образцов были загрязнены AFL B1, B2, G1, G2 в количестве до 0,035, 0,016, 0,068 и 0,033 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно; около 97 % изученных проб содержали ОТА – от 0,021 до 1,56 мкг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 1

Содержание микотоксинов в образцах виноградного вина,  $n = 36$

Микотоксин	Кол-во проб, содержащих токсины		Содержание токсинов в контам. пробах, мкг/кг		Содержание токсинов в пробах всего ряда, мкг/кг	
	абс.	%	диапазон	$M_{\text{конт}}$	$M$	90 %
AFL G2	4	11	1,01–3,05	1,74	0,19	0,50
ALT	3	8	1,35–2,98	1,90	0,16	0
MPA	3	8	3,54–5,51	4,37	0,36	0
TEN	2	6	0,65–0,84	1,74	0,04	0
FB1	2	6	26,40–27,04	26,72	0,19	0
STC	2	6	0,37–1,70	1,04	0,06	0
HT-2	1	3	1,18	1,18	0,03	0
ZEN	1	3	5,08	5,08	0,14	0
TeA	1	3	146,5	146,5	4,07	0
ОТА	1	3	0,39	0,39	0,01	0

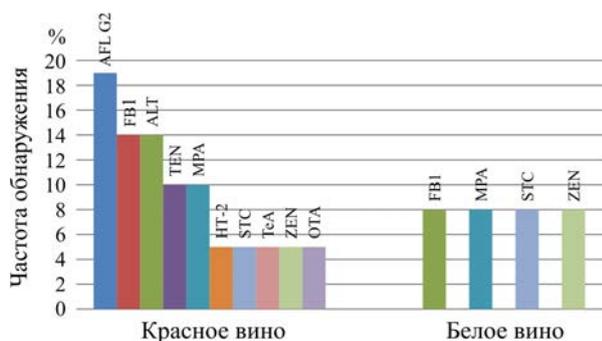


Рис. 1. Частота загрязнения токсинами красного ( $n = 21$ ) и белого ( $n = 12$ ) вина

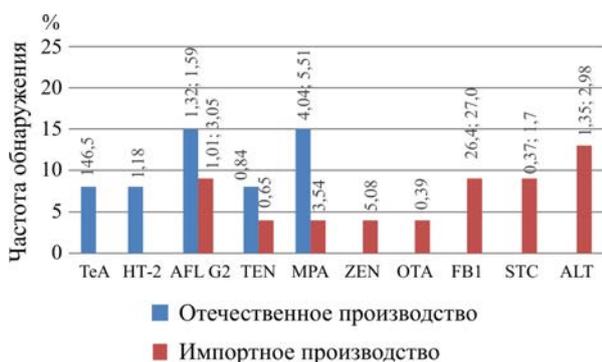


Рис. 2. Частота и уровни загрязнения микотоксинами образцов вина различного происхождения (содержание МТ указано в мкг/кг)

О выявлении альтернативных токсинов в пробах вина также сообщали [14, 17, 23, 25]. В исследовании [25] были найдены МТ TeA и TEN, однако частота загрязнения ими были значительно выше, чем по результатам наших данных. О выявлении АОН и АМЕ в более чем половине изученных образцов сообщали [17, 25] и о единичном случае – АМЕ [23], однако ALT в исследованных ими образцах вина выявлен не был.

Имеются сведения об обнаружении в вине фузоницинов [23], HT-2 [17], ZEN и MPA [3, 14].

В зависимости от классификации по цвету изученные образцы виноградного вина были разделены на три группы: красное – 21 образец, белое – 12, и розовое – 3. Ни в одном из трех образцов розового вина МТ не были обнаружены. В пробах красного вина были найдены 10 токсинов (рис. 1), тогда как в пробах белого вина – 4 МТ: FB1, MPA, STC и ZEN.

Наиболее часто в образцах красного вина, в 19 % случаев, обнаруживали AFL G2. В 14 % образцов выявляли FB1 и AFL, в 10 % – TEN и MPA. Остальные токсины были найдены в единичных случаях. Следует обратить внимание, что OTA был выявлен только в образце красного вина. При производстве красного вина его могут выдерживать

в течение нескольких дней при повышенной температуре в аэробных условиях без фильтрации, что, в свою очередь, может способствовать накоплению токсина в нем, при этом при изготовлении белого вина после отжима сок винограда сразу фильтруют и подвергают ферментации [10].

По сравнению с красным вином, спектр обнаруживаемых токсинов в белом был более незначительным. Частота его контаминации FB1 была ниже, чем в красном вине: 8 против 14 % соответственно. Кроме того, в образцах белого вина были найдены MPA, STC и ZEN, частота их обнаружения варьировалась от 4 до 10 %.

Только в отечественном вине были выявлены TeA и HT-2 (рис. 2). Как в образцах отечественного, так и импортного вина были найдены MPA, AFL G2 и TEN, причем частота их обнаружения в отечественном вине была в несколько раз выше. Следует отметить, что только в вине, полученном по импорту, были найдены FB1, ZEN, STC, ALT и OTA.

Следует отметить, что в 3 образцах красного и одном образце белого вина была выявлена одновременная контаминация несколькими токсинами. Перечень загрязненных вин с указанием сорта и происхождения и обнаруженных МТ приведен в табл. 2. В образце сухого белого вина, произведенного в Италии, были обнаружены токсины STC и ZEN. В пробах сухого красного вина из Испании были найдены AFL G2 и ALT; из России – 4 токсина (AFL G2, TEN, HT-2 и MPA). Образец красного десертного вина из Израиля был загрязнен четырьмя токсинами MPA, STC, ZEN и ALT. В двух образцах вина обнаружили по 2 МТ (STC+ZEN и ALT+AFL G2); по одному образцу содержали 4 МТ (ALT+MPA+OTA+STC) и 5 МТ (TEN+AFL G2+HT-2+MPA+TeA).

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии OTA, AFL, FB1, STC в виноградных винах, представленных на территории России, что предполагает установление соответствующего контроля со стороны производителей и надзорных органов, в частности, за содержанием OTA.

По данным Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), ФТС, Федерального центра развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России, Федеральной службы по регулированию алкогольного рынка [26], потребление вина на душу населения с 2018 по 2020 г. варьировалось от 6700 до 7400 см<sup>3</sup> на человека в год. В 2020 г. оно составило 6700 см<sup>3</sup>. Данные последних лет (2022) свидетельствуют, что больше вина потребляется в Ненецком автономном округе, Карелии, Московской области и Санкт-Петербурге (от 10 200 до 11 700 см<sup>3</sup> на человека), а наименьшее количество – на Северном Кавказе (от 20 до 700 см<sup>3</sup> на человека)<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Топ-10 регионов России по потреблению вина [Электронный ресурс] // ООО «ЛУДИНГ». – URL: <https://luding.ru/news/top-10-regionov-rossii-po-potrebleniyu-vina> (дата обращения: 11.08.2024).

Частота и уровни загрязнения МТ образцов вина в зависимости от их происхождения

№ п/п	По содержанию сахара	Страна-производитель	Токсин (содержание в мкг/кг)
<i>Красное вино</i>			
1	Десертное	Израиль	ОТА (0,39) + STC (1,70) + MPA (3,54) + ALT (1,35)
2	Десертное	Кипр	FB1 (26,4)
3	Сухое	Грузия	TEN (0,65)
4	Сухое	Испания	AFL G2 (1,01) + ALT (2,98)
5	Сухое	Аргентина	AFL G2 (3,05)
6	Сухое	Россия	AFL G2 (1,59) + TEN (0,84) + HT-2 (1,18) + MPA (5,51) + TeA (146,5)
7	Сухое	Чили	ALT (1,36)
8	Полусладкое	Россия	AFL G2 (1,32)
<i>Белое вино</i>			
9	Сухое	Новая Зеландия	FB1 (27,04)
10	Сухое	Италия	STC (0,37) + ZEN (5,08)
11	Полусладкое	Россия	MPA (4,07)

Принимая во внимание данные о среднем потреблении вина населением России, среднем и максимальном содержании в них выявленных токсинов (см. табл. 2), была рассчитана вероятная нагрузка ими на население. В качестве референтных значений для МТ ZEN, FB1+FB2 были взяты величины условно-переносимого суточного поступления (УПСП), установленные Комитетом экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам (JECFA): 500 нг/кг массы тела (м.т.) для ZEN и его метаболитов [27]; 2000 нг/кг м.т. для суммы фумонизинов [28]; переносимое суточное поступление для токсинов DAS, T-2 и HT-2 отдельно или в комбинации на уровне 25 нг/кг м.т. в сутки [29], и условно-переносимого недельного поступления (УПНП) – 112 нг/мг м.т. для ОТА [30]. В качестве ориентировочных референтных значений для AFL использовали величины среднего и высокого, соответствующего 95-му перцентилю, хронического поступления AFL B1 для населения в возрасте старше 18 лет [31]; для альтернативных токсинов – порог токсического воздействия (ТТС), рассчитанный по данным Европейского агентства по безопасности пищи (EFSA): ТТС АОН и АМЕ – по 2,5 нг/кг м.т./сут, для TEN и TeA – 1500 нг/кг м.т./сут [32], для ALT – 1500 нг/кг м.т./сут [33]; для STC – поступление, оказывающее незначительное влияние на здоровье человека, – 16 нг/кг м.т./сут [34]. Средняя масса тела человека была принята за 70 кг.

Среднее расчетное поступление токсинов на население России в неделю варьировалось от 0,07 нг/кг м.т. (0,0007 %) для TEN до 0,35 нг/кг м.т. (22,7–27,7 %) для AFL G2; при этом для ОТА – 0,019 нг/кг м.т. (0,02 % от УПНП). Максимальное расчетное поступление ZEN, FB1, ОТА, HT-2, альтернативных токсинов и STC составило относительно референтных значений 0,27; 0,36; 0,64; 1,25; 2,6 и 2,82 % соответственно. Наиболее высокие вероятные поступления МТ были связаны с потреблением виноградного вина, загрязненного AFL G2 на уровне 90 % загрязнения (0,50 мкг/кг) и на максимальном уровне (3,05 мкг/кг). В этом случае нагрузка

могла достигать за неделю 0,91 нг/кг м.т. (от 9,6 до 31 % от референтного значения) и 5,6 нг/кг м.т. (58,8–190,5 % от референтного значения) соответственно. При этом для жителей Ненецкого автономного округа, Карелии, Московской области и Санкт-Петербурга расчетная нагрузка AFL G2 может превышать эти значения в 1,5–1,75 раза.

Полученные в данном исследовании результаты свидетельствуют о незначительном поступлении альтернативных токсинов, STC, FB1, HT-2 и ОТА и более высокой нагрузке AFL G2 при потреблении виноградного вина, остается потенциальная опасность их хронического поступления в организм человека.

#### Выводы:

1. Установлено загрязнение микотоксинами 31 % образцов виноградных вин преимущественно афлатоксином G2, альтернативными, микофеноловой кислотой, фумонизином B1 и стеригматоцистином. Среди регламентируемых токсинов в иностранных винах выявлены охратоксин А, афлатоксин G2, фумонизин B1, зеараленон и стеригматоцистин; в отечественных – афлатоксин G2.

2. Величина расчетного поступления микотоксинов с вином свидетельствует о низком релевантном риске (до 2,8 % от величин референтных значений) для здоровья населения России, исключение составляют афлатоксин G2, среднее поступление с вином может достигать 28 %.

3. Реальной угрозы для населения РФ виноградное вино как источник микотоксинов не представляет. Однако выявление высоких уровней AFL G2 в образцах виноградного вина предполагает установление соответствующего контроля со стороны производителей и надзорных органов за содержанием этого токсина и регламентируемого в странах ЕС ОТА.

**Финансирование.** Работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках темы FGMF-2022-0003.

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

## Список литературы

1. Welke J.E. Fungal and mycotoxin problems in grape juice and wine industries // *Current Opinion in Food Science*. – 2019. – Vol. 29. – P. 7–13. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.06.009
2. Differences in the levels of pesticides, metals, sulphites and ochratoxin A between organically and conventionally produced wines / D.V. Ćepo, M. Pelajić, I.V. Vrčec, A. Krivohlavek, I. Žuntar, M. Karoglan // *Food Chem.* – 2018. – Vol. 246. – P. 394–403. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.133
3. Simultaneous Analysis of 20 Mycotoxins in Grapes and Wines from Hexi Corridor Region (China): Based on a QuEChERS-UHPLC-MS/MS Method / B. Zhang, X. Chen, S.-Y. Han, M. Li, T.-Z. Ma, W.-J. Sheng, X. Zhu // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, № 8. – P. 1926. DOI: 10.3390/molecules23081926
4. Investigation of patulin and citrinin in grape must and wine from grapes naturally contaminated by strains of *Penicillium expansum* / V. Ostry, F. Malir, M. Cumova, V. Kyrova, J. Toman, Y. Grosse, M. Pospichalova, J. Ruprich // *Food Chem. Toxicol.* – 2018. – Vol. 118. – P. 805–811. DOI: 10.1016/j.fct.2018.06.022
5. From grape to wine: Fate of ochratoxin A during red, rose, and white winemaking process and the presence of ochratoxin derivatives in the final products / L. Freire, P.A. Braga, M.M. Furtado, J. Delafiori, F.L. Dias-Audibert, G.E. Pereira, F.G. Reyes, R.R. Catharino, A.S. Sant'Ana // *Food Control*. – 2020. – Vol. 113, № 1. – P. 107167. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107167
6. Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health / O.P. Omotayo, A.O. Omotayo, M. Mwanza, O.O. Babalola // *Toxicol. Res.* – 2019. – Vol. 35, № 1. – P. 1–7. DOI: 10.5487/TR.2019.35.1.001
7. JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-eighth report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [Электронный ресурс] // WHO Technical Report Series. – 2007. – № 947. – URL: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43870/9789241209472\\_eng.pdf?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43870/9789241209472_eng.pdf?sequence=1) (дата обращения: 01.04.2024).
8. Ochratoxins in Wines: A Review of Their Occurrence in the Last Decade, Toxicity, and Exposure Risk in Humans / B. Ortiz-Villeda, O. Lobos, K. Aguilar-Zuniga, V. Carrasco-Sánchez // *Toxins (Basel)*. – 2021. – Vol. 13, № 7. – P. 478. DOI: 10.3390/toxins13070478
9. Evolution of ochratoxin A content during red and rose vinification / S. Lasram, A. Mani, C. Zaied, S. Chebil, S. Abid, H. Bacha, A. Mliki, A. Ghorbel // *J. Sci. Food Agric.* – 2008. – Vol. 88, № 10. – P. 1696–1703. DOI: 10.1002/jsfa.3266
10. Аксенов И.В. Изучение содержания микотоксина охратоксина А в виноградных винах // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2018. – № 54 (06). – С. 124–129. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-6-54-124-129
11. High incidence and levels of ochratoxin A in wines sourced from the United States / C.L. De Jesus, A. Bartley, A.Z. Welch, J.P. Berry // *Toxins (Basel)*. – 2018. – Vol. 10, № 1. – P. 1. DOI: 10.3390/toxins10010001
12. Levels of ochratoxin in Mediterranean red wines / R. Remiro, A. Irigoyen, E. González-Peñas, E. Lizarraga, A. López de Cerain // *Food Control*. – 2013. – Vol. 32, № 1. – P. 63–68. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.11.040
13. Ochratoxin A levels in Greek retail wines / Y. Sarigiannis, J. Kapolos, A. Koliadima, T. Tsegenidis, G. Karaiskakis // *Food Control*. – 2014. – Vol. 42. – P. 139–143. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.02.003
14. Development, optimization and validation of a multimethod for the determination of 36 mycotoxins in Ines by liquid chromatography–tandem mass spectrometry / I.R. Pizzutti, A. Kok, J. Scholten, L.W. Righi, C.D. Cardoso, G.N. Rohers, R.C. da Silva // *Talanta*. – 2014. – Vol. 129. – P. 352–363. DOI: 10.1016/j.talanta.2014.05.017
15. Quantification of ochratoxin A and five analogs in Navarra red wines / R. Remiro, E. González-Peñas, E. Lizarraga, A. Lopez de Cerain // *Food Control*. – 2012. – Vol. 27, № 1. – P. 139–145. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.03.006
16. Determination of Aflatoxins and Ochratoxins in Sicilian Sweet Wines by High-Performance Liquid Chromatography with Fluorometric Detection and Immunoaffinity Cleanup / V. Di Stefano, R. Pitonzo, G. Avellone, A. Di Fiore, L. Monte, A.Z.T. Ogorka // *Food Anal. Methods*. – 2015. – Vol. 8. – P. 569–577. DOI: 10.1007/s12161-014-9934-3
17. Dietary Exposure to Mycotoxins through Alcoholic and Non-Alcoholic Beverages in Valencia, Spain / D. Carballo, M. Fernández-Franzón, E. Ferrer, N. Pallarés, H. Berrada // *Toxins (Basel)*. – 2021. – Vol. 13, № 7. – P. 438. DOI: 10.3390/toxins13070438
18. Ochratoxin A in the Portuguese Wine Market, Occurrence and Risk Assessment / L.J.G. Silva, A.P. Rodrigues, A.M.P.T. Pereira, C.M. Lino, A. Pena // *Food Addit. Contam. Part B. Surveill.* – 2019. – Vol. 12, № 2. – P. 145–149. DOI: 10.1080/19393210.2019.1595169
19. Risk to public health related to the presence of ochratoxin A in wines from Fruška Gora / L. Torovic, I. Lakatos, T. Majkic, I. Beara // *LWT*. – 2020. – Vol. 129, № S3. – P. 109537. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109537
20. Assessment of ochratoxin A occurrence in Argentine red wines using a novel sensitive quechers-solid phase extraction approach prior to ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry methodology / L. Mariño-Repizo, R. Gargantini, H. Manzano, J. Raba, S. Cerutti // *J. Sci. Food Agric.* – 2017. – Vol. 97, № 8. – P. 2487–2497. DOI: 10.1002/jsfa.8065
21. Detection of ochratoxin A in tropical wine and grape juice from Brazil / M.F. Terra, G. Prado, G.E. Pereira, H.J. Ematne, L.R. Batista // *J. Sci. Food Agric.* – 2013. – Vol. 93, № 4. – P. 890–894. DOI: 10.1002/jsfa.5817
22. Exposure Assessment to Ochratoxin A in Chinese Wine / Q.D. Zhong, G.H. Li, D.B. Wang, Y. Shao, J.G. Li, Z.H. Xiong, Y.N. Wu // *J. Agric. Food Chem.* – 2014. – Vol. 62, № 35. – P. 8908–8913. DOI: 10.1021/jf500713x
23. Monitoring and health risk of mycotoxins in imported wines and beers consumed in Thailand / S. Puangkham, A. Poapolathep, U. Jermnak, K. Imsilp, P. Tanhan, C. Chojejaroenrat, S. Poapolathep // *World Mycotoxin J.* – 2017. – Vol. 10, № 4. – P. 401–409. DOI: 10.3920/WMJ2017.2216
24. Lee H.J., Kim H.D., Ryu D. Practical Strategies to Reduce Ochratoxin A in Foods // *Toxins*. – 2024. – Vol. 16, № 1. – P. 58. DOI: 10.3390/toxins16010058
25. Development of a high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry based analysis for the simultaneous quantification of various *Alternaria* toxins in wine, vegetable juices and fruit juices / T. Zwickel, H. Klaffke, K. Richards, M. Rychlik // *J. Chromatogr. A*. – 2016. – Vol. 1455. – P. 74–85. DOI: 10.1016/j.chroma.2016.04

26. Баймухамбетова Л. Российское виноделие. Аналитическое исследование [Электронный ресурс] // ООО «НКР»: кредитное рейтинговое агентство. – 2021. – URL: [https://ratings.ru/files/research/corps/NCR\\_Wine\\_July2021.pdf](https://ratings.ru/files/research/corps/NCR_Wine_July2021.pdf) (дата обращения: 12.05.2024).
27. JECFA. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the Fifty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) [Электронный ресурс] // WHO Food Additives Series. – 2000. – № 44. – URL: <https://inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec14.htm> (дата обращения: 01.04.2024).
28. FAO JECFA Monographs 19 bis. Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the Sixty-eighth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [Электронный ресурс] // WHO Food Additives Series. – 2018. – № 74. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/276868/9789241660747-eng.pdf?ua=1#page=423> (дата обращения: 01.04.2024).
29. JECFA. Summary and conclusions: Summary report of the ninety-third meeting of JECFA. Virtual meeting, 24, 25, 29, 30 March and 1 April 2022 [Электронный ресурс]. – URL: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/food-safety/jecfa/summary-and-conclusions/jecfa93-summary-and-conclusions-april2022.pdf?sfvrsn=33db6aca\\_3](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/food-safety/jecfa/summary-and-conclusions/jecfa93-summary-and-conclusions-april2022.pdf?sfvrsn=33db6aca_3) (дата обращения: 01.04.2024).
30. JECFA. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the Sixty-eighth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) [Электронный ресурс] // WHO Food Additives Series. – 2008. – № 59. – P. 357–429. – URL: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43823/9789241660594\\_eng.pdf?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43823/9789241660594_eng.pdf?sequence=1) (дата обращения: 01.04.2024).
31. Risk assessment of aflatoxins in food / EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), D. Schrenk, M. Bignami, L. Bodin, J.K. Chipman, J. del Mazo, B. Grasl-Kraupp, C. Hogstrand [et al.] // EFSA J. – 2020. – Vol. 18, № 3. – P. e6040. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6040
32. Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population / European Food Safety Authority, D. Arcella, M. Eskola, J.A. Gomez Ruiz // EFSA Journal. – 2016. – Vol. 14, № 12. – P. e04654. DOI: 10.2903/j.efsa.2016.4654
33. Levels of *Alternaria* Toxins in Selected Food Commodities Including Green Coffee / C. Mujahid, M.-C. Savoy, Q. Baslé, P.M. Woo, E.C.Y. Ee, P. Mottier, T. Bessaire // Toxins (Basel). – 2020. – Vol. 12, № 9. – P. 595. DOI: 10.3390/toxins12090595T
34. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risk for public and animal health related to the presence of sterigmatocystin in food and feed // EFSA Journal. – 2013. – Vol. 11, № 6. – P. 3254. DOI: 10.2903/j.efsa.2013.3254

Седова И.Б., Чалый З.А., Тутельян В.А. Изучение контаминации микотоксинами виноградного вина, потребляемого в Российской Федерации // Анализ риска здоровью. – 2024. – № 4. – С. 63–71. DOI: 10.21668/health.risk/2024.4.06

UDC 614.31: 543.51: 543.544.5.068.7: 543.64  
DOI: 10.21668/health.risk/2024.4.06.eng



Research article

## MYCOTOXINS CONTAMINATION OF GRAPE WINES MARKETED IN THE RUSSIAN FEDERATION

I.B. Sedova<sup>1</sup>, Z.A. Chalyy<sup>1</sup>, V.A. Tutelyan<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14 Ust'inskii pr., Moscow, 109240, Russian Federation

<sup>2</sup>Sechenov University, 8/2 Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russian Federation

*Grape wine is one of the most popular and widespread alcoholic beverages around the world. Contamination of grapes used in its preparation by mold fungi can lead to accumulation of mycotoxins that are harmful to human health. Due to their high toxicity of grape wines and potential health risks, the aim of this study was to investigate the contamination of grape wines sold in Russia with a wide range of toxins and to assess the population health risk associated with their consumption.*

© Sedova I.B., Chalyy Z.A., Tutelyan V.A., 2024

**Irina B. Sedova** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Enzymology of Nutrition (e-mail: [isedova@ion.ru](mailto:isedova@ion.ru); tel.: +7 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6011-4515>).

**Zakhar A. Chalyy** – Junior Researcher at the Laboratory of Enzymology of Nutrition (e-mail: [brew@ion.ru](mailto:brew@ion.ru); tel.: +7 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9371-8163>).

**Victor A. Tutelyan** – Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Academic Advisor (e-mail: [tutelyan@ion.ru](mailto:tutelyan@ion.ru); tel.: +7 (495) 698-53-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>).

The concentration of 27 mycotoxins in 36 samples of grape wines was determined by high-performance liquid chromatography coupled to tandem mass-spectrometric detection. The list of mycotoxins included regulated ones, their derivatives and structural analogs, as well as emergent mycotoxins (*Alternaria* toxins, citrinin, sterigmatocystin, cyclopiazonic and mycophenolic acids, moniliformin, enniatins, beauvericin).

The resulting data indicated contamination of grape wines consumed in Russia with mycotoxins. Thirty-one percent of the samples contained toxins at relatively low levels of contamination. Aflatoxin G<sub>2</sub>, altenuene, mycophenolic acid and sterigmatocystin were detected more often than other toxins; in some cases, zearalenone, tenuazonic acid and ochratoxin A. Red wine samples were the most contaminated with mycotoxins. Fumonisin B<sub>1</sub>, zearalenone, sterigmatocystin, altenuene and ochratoxin A were found only in imported wine samples. Several toxins were found simultaneously in four tested wine samples.

Despite a relatively low level of mycotoxin contamination of wine marketed in the Russian Federation, there is still a potential hazard of their chronic ingestion by humans. The calculated average intake of aflatoxins may reach 28 % of the reference value and the maximum intake can even exceed it. The calculated exposure of other mycotoxins detected in wine samples indicates an insignificant contribution of grape wine (up to 2.8 % of the reference value) to their intake by the Russian population.

**Keywords:** mycotoxins, emergent mycotoxins, contamination, grape wine, ochratoxin A, aflatoxins, HPLC-MS/MS.

## References

1. Welke J.E. Fungal and mycotoxin problems in grape juice and wine industries. *Current Opinion in Food Science*, 2019, vol. 29, pp. 7–13. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.06.009
2. Čepo D.V., Pelajić M., Vrček I.V., Krivohlavek A., Žuntar I., Karoglan M. Differences in the levels of pesticides, metals, sulphites and ochratoxin A between organically and conventionally produced wines. *Food Chem.*, 2018, vol. 246, pp. 394–403. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.133
3. Zhang B., Chen X., Han S.-Y., Li M., Ma T.-Z., Sheng W.-J., Zhu X. Simultaneous Analysis of 20 Mycotoxins in Grapes and Wines from Hexi Corridor Region (China): Based on a QuEChERS-UHPLC-MS/MS Method. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 8, pp. 1926. DOI: 10.3390/molecules23081926
4. Ostry V., Malir F., Cumova M., Kyrova V., Toman J., Grosse Y., Pospichalova M., Ruprich J. Investigation of patulin and citrinin in grape must and wine from grapes naturally contaminated by strains of *Penicillium expansum*. *Food Chem. Toxicol.*, 2018, vol. 118, pp. 805–811. DOI: 10.1016/j.fct.2018.06.022
5. Freire L., Braga P.A., Furtado M.M., Delafiori J., Dias-Audibert F.L., Pereira G.E., Reyes F.G., Catharino R.R., Sant'Ana A.S. From grape to wine: Fate of ochratoxin A during red, rose, and white winemaking process and the presence of ochratoxin derivatives in the final products. *Food Control*, 2020, vol. 113, no. 1, pp. 107167. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107167
6. Omotayo O.P., Omotayo A.O., Mwanza M., Babalola O.O. Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health. *Toxicol. Res.*, 2019, vol. 35, no. 1, pp. 1–7. DOI: 10.5487/TR.2019.35.1.001
7. JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-eighth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *WHO Technical Report Series*, 2007, no. 947. Available at: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43870/9789241209472\\_eng.pdf?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43870/9789241209472_eng.pdf?sequence=1) (April 01, 2024).
8. Ortiz-Villeda B., Lobos O., Aguilar-Zuniga K., Carrasco-Sánchez V. Ochratoxins in Wines: A Review of Their Occurrence in the Last Decade, Toxicity, and Exposure Risk in Humans. *Toxins (Basel)*, 2021, vol. 13, no. 7, pp. 478. DOI: 10.3390/toxins13070478
9. Lasram S., Mani A., Zaied C., Chebil S., Abid S., Bacha H., Mliki A., Ghorbel A. Evolution of ochratoxin A content during red and rose vinification. *J. Sci. Food Agric.*, 2008, vol. 88, no. 10, pp. 1696–1703. DOI: 10.1002/jsfa.3266
10. Aksionov I.V. Study of content of mikotoksin ochratoxin A in grape wines. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2018, no. 54 (06), pp. 124–129. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-6-54-124-129 (in Russian).
11. De Jesus C.L., Bartley A., Welch A.Z., Berry J.P. High incidence and levels of ochratoxin A in wines sourced from the United States. *Toxins (Basel)*, 2018, vol. 10, no. 1, pp. 1. DOI: 10.3390/toxins10010001
12. Remiro R., Irigoyen A., González-Peñas E., Lizarraga E., López de Cerain A. Levels of ochratoxin in Mediterranean red wines. *Food Control*, 2013, vol. 32, no. 1, pp. 63–68. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.11.040
13. Sarigiannis Y., Kapolos J., Koliadima A., Tsegenidis T., Karaiskakis G. Ochratoxin A levels in Greek retail wines. *Food Control*, 2014, vol. 42, pp. 139–143. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.02.003
14. Pizzutti I.R., Kok A., Scholten J., Righi L.W., Cardoso C.D., Rohers G.N., da Silva R.C. Development, optimization and validation of a multimethod for the determination of 36 mycotoxins in Ines by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Talanta*, 2014, vol. 129, pp. 352–363. DOI: 10.1016/j.talanta.2014.05.017
15. Remiro R., González-Peñas E., Lizarraga E., Lopez de Cerain A. Quantification of ochratoxin A and five analogs in Navarra red wines. *Food Control*, 2012, vol. 27, no. 1, pp. 139–145. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.03.006
16. Di Stefano V., Pitonzo R., Avellone G., Di Fiore A., Monte L., Ogorka A.Z.T. Determination of Aflatoxins and Ochratoxins in Sicilian Sweet Wines by High-Performance Liquid Chromatography with Fluorometric Detection and Immunoaffinity Cleanup. *Food Anal. Methods*, 2015, vol. 8, pp. 569–577. DOI: 10.1007/s12161-014-9934-3
17. Carballo D., Fernández-Franzón M., Ferrer E., Pallarés N., Berrada H. Dietary Exposure to Mycotoxins through Alcoholic and Non-Alcoholic Beverages in Valencia, Spain. *Toxins (Basel)*, 2021, vol. 13, no. 7, pp. 438. DOI: 10.3390/toxins13070438
18. Silva L.J.G., Rodrigues A.P., Pereira A.M.P.T., Lino C.M., Pena A. Ochratoxin A in the Portuguese Wine Market, Occurrence and Risk Assessment. *Food Addit. Contam. Part B Surveill.*, 2019, vol. 12, no. 2, pp. 145–149. DOI: 10.1080/19393210.2019.1595169
19. Torovic L., Lakatoš I., Majkic T., Beara I. Risk to public health related to the presence of ochratoxin A in wines from Fruška Gora. *LWT*, 2020, vol. 129, no. S3, pp. 109537. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109537

20. Mariño-Repizo L., Gargantini R., Manzano H., Raba J., Cerutti S. Assessment of ochratoxin A occurrence in Argentine red wines using a novel sensitive quechers-solid phase extraction approach prior to ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry methodology. *J. Sci. Food Agric.*, 2017, vol. 97, no. 8, pp. 2487–2497. DOI: 10.1002/jsfa.8065
21. Terra M.F., Prado G., Pereira G.E., Ematne H.J., Batista L.R. Detection of ochratoxin A in tropical wine and grape juice from Brazil. *J. Sci. Food Agric.*, 2013, vol. 93, no. 4, pp. 890–894. DOI: 10.1002/jsfa.5817
22. Zhong Q.D., Li G.H., Wang D.B., Shao Y., Li J.G., Xiong Z.H., Wu Y.N. Exposure Assessment to Ochratoxin A in Chinese Wine. *J. Agric. Food Chem.*, 2014, vol. 62, no. 35, pp. 8908–8913. DOI: 10.1021/jf500713x
23. Puangkham S., Poapolathep A., Jermnak U., Imsilp K., Tanhan P., Chokejaroenrat C., Poapolathep S. Monitoring and health risk of mycotoxins in imported wines and beers consumed in Thailand. *World Mycotoxin J.*, 2017, vol. 10, no. 4, pp. 401–409. DOI: 10.3920/WMJ2017.2216
24. Lee H.J., Kim H.D., Ryu D. Practical Strategies to Reduce Ochratoxin A in Foods. *Toxins*, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 58. DOI: 10.3390/toxins16010058
25. Zwickel T., Klaffke H., Richards K., Rychlik M. Development of a high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry based analysis for the simultaneous quantification of various *Alternaria* toxins in wine, vegetable juices and fruit juices. *J. Chromatogr. A*, 2016, vol. 1455, pp. 74–85. DOI: 10.1016/j.chroma.2016.04
26. Baimukhambetova L. Rossiiskoe vinodelie. Analiticheskoe issledovanie [Russian winemaking. Analytical study]. NCR: National Credit Ratings, 2021. Available at: [https://ratings.ru/files/research/corps/NCR\\_Wine\\_July2021.pdf](https://ratings.ru/files/research/corps/NCR_Wine_July2021.pdf) (May 12, 2024) (in Russian).
27. JECFA. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the Fifty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *WHO Food Additives Series*, 2000, no. 44. Available at: <https://inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec14.htm> (April 01, 2024).
28. FAO JECFA Monographs 19 bis. Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the eighty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *WHO Food Additives Series*, 2018, no. 74. Available at: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/276868/9789241660747-eng.pdf?ua=1#page=423> (April 01, 2024).
29. JECFA. Summary and conclusions: Summary report of the ninety-third meeting of JECFA. Virtual meeting, 24, 25, 29, 30 March and 1 April 2022. Available at: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/food-safety/jecfa/summary-and-conclusions/jecfa93-summary-and-conclusions-april2022.pdf?sfvrsn=33db6aca\\_3](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/food-safety/jecfa/summary-and-conclusions/jecfa93-summary-and-conclusions-april2022.pdf?sfvrsn=33db6aca_3) (April 01, 2024).
30. JECFA. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the Sixty-eighth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *WHO Food Additives Series*, 2008, no. 59, pp. 357–429. Available at: [www.who.int/publications/i/item/9789241660594](http://www.who.int/publications/i/item/9789241660594) (April 01, 2024).
31. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk D., Bignami M., Bodin L., Chipman J.K., del Mazo J., Grasl-Kraupp B., Hogstrand C. [et al.]. Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA J.*, 2020, vol. 18, no. 3, pp. e6040. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6040
32. European Food Safety Authority, Arcella D., Eskola M., Gomez Ruiz J.A. Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population. *EFSA Journal*, 2016, vol. 14, no. 12, pp. e04654. DOI: 10.2903/j.efsa.2016.465
33. Mujahid C., Savoy M-C., Baslé Q., Woo P.M., Ee E.C.Y., Mottier P., Bessaire T. Levels of *Alternaria* Toxins in Selected Food Commodities Including Green Coffee. *Toxins (Basel)*, 2020, vol. 12, no. 9, pp. 595. DOI: 10.3390/toxins12090595T
34. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risk for public and animal health related to the presence of sterigmatocystin in food and feed. *EFSA Journal*, 2013, vol. 11, no. 6, pp. 3254. DOI: 10.2903/j.efsa.2013.3254

Sedova I.B., Chalyy Z.A., Tutelyan V.A. Mycotoxins contamination of grape wines marketed in the Russian Federation. *Health Risk Analysis*, 2024, no. 4, pp. 63–71. DOI: 10.21668/health.risk/2024.4.06.eng

Получена: 20.09.2024

Одобрена: 17.11.2024

Принята к публикации: 17.12.2024