

ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ: КОНТРОЛЬ И НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

О. И. Лаврухина

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), г. Владимир, Россия, e-mail: hamsster@mail.ru

Поступила в редакцию 15.04.2019 г.

Аннотация – Одним из важных направлений обеспечения химической безопасности продуктов питания является контроль остаточного содержания пестицидов в сельскохозяйственной продукции. Обобщена информация по современным методам химико-аналитического контроля пестицидов в пищевом сырье и готовых продуктах питания. Проанализированы нормативные и методические особенности мониторинга остаточных содержаний пестицидов в сырье и продукции животного происхождения. Выявлены несоответствия в нормативной документации стран, лидирующих в производстве и импортировании животноводческой продукции, касающиеся максимально допустимых уровней остаточного содержания пестицидов, а также частоты обнаружения пестицидов в продуктах питания. Показана необходимость нового риск-ориентированного подхода, предполагающего учет всех возможных путей попадания токсических веществ в пищевую продукцию, ретроспективный анализ результатов мониторинга, выбор приоритетных показателей, подлежащих обязательному контролю, проведение скрининговых и поисковых исследований, внедрения в лабораторную практику эффективных, чувствительных и селективных методик анализа с использованием простых и доступных методов подготовки проб.

Ключевые слова: пестициды, контроль, пищевые продукты и сырье, продукция животноводства, методы определения пестицидов, нормирование.

CHEMICAL SAFETY OF FOOD PRODUCTS: CONTROL AND REGULATION OF PESTICIDE CONTENT IN LIVESTOCK PRODUCTION

O. I. Lavrukina

Federal Governmental Budgetary Institution “Federal Centre for Animal Health” (FGBI “ARRIAH”), Vladimir, Russia, e-mail: hamsster@mail.ru

Received April 15, 2019

Abstract – Monitoring residual content of pesticides in agricultural production is known to be one of the most important current trends in ensuring chemical safety of food products. The paper summarizes information on modern methods of chemical analytical control of pesticides in food raw materials and finished food products. Regulatory and methodological aspects of monitoring residual pesticides in raw materials and products of animal origin are analyzed. A series of discrepancies is identified between regulatory documentation of countries leading in production and import of livestock production, regarding maximum permissible levels of residual pesticides, as well as frequency of pesticide detection in food. The necessity of a new risk-based approach is highlighted, the one which would take into account all possible ways of introducing toxic substances into food products, retrospective analysis of monitoring results, selection of priority indicators for mandatory control, screening and prospect research, and implementation of effective, sensitive and selective analytical methods with simple and accessible sample preparation technique into routine laboratory procedures.

Keywords: pesticides, control, food products and raw materials, livestock production, methods of pesticide determination, regulatory documentation.

ВВЕДЕНИЕ

Антропогенная нагрузка на окружающую среду вследствие интенсивного развития промышленности и химизации сельского хозяйства непрерывно растет, что влечет за собой и рост уровня загрязнения продукции животноводства токсикантами различного происхождения. Это происходит из-за нарушения процедур получения сырья и производства пищевой продукции [1]. Проверка соблюдения надлежащей производственной практики возможна посредством мониторинга остаточных содержаний токсикантов в сырье и готовой продукции. Однако, как показано в работе [2], существующий подход к организации лабораторных исследований в рамках сопровождения надзорных мероприятий не позволяет в полной мере реализовывать стратегию обеспечения пищевой безопасности: несмотря на большое количество проводимых исследований, процент выявляемых нарушений обязательных требований сохраняется на низком уровне, при этом остаются без внимания многие показатели, характеризующие безопасность продукции и сырья.

Задача определения запрещенных, ненормируемых и новых потенциально опасных соединений и их метаболитов в продукции животноводства с появлением современного поколения пестицидов зачастую сводится к поиску «иголки в стоге сена», так как эти соединения сложно идентифицировать. Основой ее решения является внедрение в лабораторную практику современных высокочувствительных аналитических методов. Для растительной продукции и сырья вопрос контроля в них пестицидов является достаточно проработанным: предложено большое количество методик (ввиду простоты подготовки проб для исследований), а нормативные значения максимально допустимого уровня (МДУ) строго регламентированы [3]. С пищевыми продуктами животного происхождения сложилась иная ситуация, требующая решения проблем контроля и нормирования содержания в них пестицидов.

Согласно литературным данным, в этой области непрерывно разрабатываются различные методы химико-аналитического контроля – при этом для определения пестицидов в продуктах животноводства чаще всего используют жидкостную (ЖХ), высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) и ультра ВЭЖХ (УВЭЖХ), а также газовую хроматографию (ГХ) с применением масс-спектрометрических детекторов различных классов [3–6]. Особую значимость приобретают высокоэффективные скрининговые методы химического анализа, такие как ВЭЖХ-МС/МС с пробоподготовкой QuEChERS и дополнительной очисткой экстрактов методом дисперсионной жидкостно-жидкостной микроэкстракции, позволяющие проводить в рамках одного анализа одновременное определение большого количества загрязнителей (порядка 400 соединений), их метаболитов и продуктов деградации.

Управление пищевой безопасностью осуществляется по международным стандартам, что обусловлено стремлением стран участвовать в международных торговых отношениях. Требования к безопасности пищевых продуктов предъявляются не только потребителями, но и государственными органами, и международными организациями. Единство в этом вопросе достигается

внедрением международных стандартов. Для обеспечения безопасности продуктов питания в каждой стране, участвующей в международной торговле, предусмотрена система мониторинга безопасности пищевой продукции и сырья. Здесь важный момент – сужение области поиска при проведении рутинных исследований. Это возможно при учете частоты обнаружения химических контаминантов, их метаболитов и продуктов деградации на основе официальных данных.

Основным инструментом определения приоритетных загрязнителей в пищевых продуктах и установления соответствия их содержания гигиеническим нормативам в рамках мониторинга является лабораторный контроль. Схемой мониторинга определены основные показатели безопасности продуктов питания и сырья для их производства. В работе [2] предложен принципиально новый алгоритм лабораторных исследований в рамках сопровождения контрольно-надзорных мероприятий, основанный на внедрении риск-ориентированного подхода. Он включает в себя ретроспективный анализ результатов мониторинга, выбор приоритетных показателей, подлежащих обязательному контролю, и проведение скрининговых и поисковых исследований.

Кроме запланированных исследований остаточных содержаний пестицидов в импортируемой продукции, необходимы дополнительные, основанные на анализе соответствия нормативной документации по максимально допустимым уровням зарегистрированных, а также не зарегистрированных в Российской Федерации препаратов, с учетом частоты их обнаружения. Несоответствие и/или отсутствие регламентированных значений максимально допустимых уровней остаточного содержания токсикантов дает возможность недобросовестным производителям поставлять продукцию, представляющую угрозу здоровью потребителей. При этом максимально допустимые уровни остаточных содержаний должны учитывать все возможные пути попадания химических контаминантов с пищевой продукцией, так как каждая из стадий технологического цикла производства пищевой продукции потенциально может обернуться дополнительным риском ее загрязнения.

Цель данной работы заключалась в поиске нового подхода к проведению мониторинга остаточных содержаний пестицидов в продукции животноводства, в основе которого лежит выявление потенциальных токсикантов на основании анализа нормативной документации, частоты обнаружения химических контаминантов и результатов предварительных скрининговых исследований, который позволит усовершенствовать систему обеспечения пищевой безопасности.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЕСТИЦИДАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Согласно принципам анализа риска, производитель пищевой продукции осуществляет входной контроль сырья в критических контрольных точках производства, который подразумевает определение органолептических показателей, качества упаковки, маркировки, весовых характеристик, наличия

необходимой сопроводительной документации. Безопасность сырья должна быть обеспечена его производителем и контролируется в Российской Федерации системой государственного надзора. При этом большое внимание уделяется определению и нормированию пестицидов и ветеринарных препаратов, а также их метаболитов, природных токсинов и токсичных химических элементов, а также диоксинов и полихлорированных бифенилов. Однако скорость появления агрохимикатов нового поколения настолько высока, что зачастую становится крайне сложным определение их остаточных содержаний в продукции животноводства – стандартизованные методы и подходы просто не успевают за темпами химизации сельскохозяйственной отрасли.

Пестициды попадают в готовую пищевую продукцию, в первую очередь, с сырьем. Они повсеместно используются в аграрном секторе для борьбы с вредителями сельскохозяйственной продукции – сорняками (гербициды), насекомыми-вредителями (инсектициды), патогенными микроорганизмами (фунгициды), вредными теплокровными животными (зооциды). Это очень обширный класс ядохимикатов, включающий в себя также некоторые антибиотики, ингибиторы роста, консерванты и стерилизаторы. С химико-аналитической точки зрения удобнее пользоваться классификацией пестицидов по химическому составу, согласно которой, пестициды подразделяют на неорганические и органические (хлорорганические (ХОП), фосфорорганические (ФОП), металлоорганические и алкалоиды). Благодаря такому подходу появляется возможность разработки селективных методик одновременного многокомпонентного анализа сырья для производства пищевой продукции.

В настоящее время в мире известно более 1312 действующих веществ, применяемых в качестве пестицидов. Из них альдрин, дильдрин, эндрин, мирекс, хлордан, гептахлор, гексахлорбензол, ДДТ, токсафен относятся к группе стойких органических загрязнителей (СОЗ) и запрещены к использованию в развитых странах с 2004 года Стокгольмской конвенцией, за исключением некоторых оговоренных случаев (например, если на данный момент не существует эффективной замены данному соединению, в частности, для борьбы с переносчиками малярии). В 2009 году список запрещенных СОЗ дополнили альфа- и бета-изомеры гексахлорциклогексана, хлордекан, линдан, пентахлорбензол [7].

Однако сложность контроля пестицидов связана не только с их огромным количеством и разнообразием, поскольку современные аналитические методы позволяют проводить одновременный многокомпонентный анализ сложных матриц. Дополнительное препятствие – несоответствие государственных реестров препаратов, зарегистрированных в разных странах, использование их различных форм даже в региональных масштабах и непрерывный процесс появления новых действующих веществ. Поэтому проблема обеспечения пищевой безопасности в случае загрязнения продукции и сырья пестицидами не только не находит до сих пор конечного решения, но и становится все более актуальной. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) совместно с

продовольственной и сельскохозяйственной организацией (FAO – Food Agricultural Organization – Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций) ежегодно проводит экспертную оценку исследований генотоксичности пестицидов и их остаточного содержания в продуктах питания и окружающей среде с привлечением ведущих специалистов в области здравоохранения и медицины, сельского хозяйства, аналитической химии и др., по результатам которой формируется научный отчет [8].

Министерство сельского хозяйства США (USDA) разработало программу контроля, которая представляет собой поисковую базу данных по содержанию остаточных количеств пестицидов в различных пищевых продуктах и сырье для их производства (PDP – Pesticide Data Program). Анализ обнаружений пестицидов в продукции животноводства на основе данных PDP за 2011–2017 гг. [9] показал, что наиболее часто обнаруживают (частота обнаружений более 1%): в сливочном масле – ДДЕ - дихлордифенилхлорэтилен (72,7%), новалурон (37,2%), транс- и цис-изомеры перметрина (27,8 и 26,3%), бифентрин (20,3%), цигалотрин (20,0%), спиносад (3,6%), пиперонил бутоксид (2,3%), и пропаргит (1,3%); в молоке – флубендиамид (2,1%); в лососе – ДДТ (1,3%); в яйцах – пиперонил бутоксид – (1,5%), в меде – 2,4-диметилфенилформамид (75,6%) и тимол (13,7%). Программа контроля осуществлена с использованием данных, полученных аккредитованными лабораториями, непрерывно подтверждающими свою компетентность. Количество исследованных проб масла, молока, лосося, яиц и меда составило: 1548, 2162, 706, 665 и 315, соответственно.

В настоящее время в Российской Федерации объем исследований по показателям качества и безопасности учитывает в первую очередь объемы производства того или иного вида пищевой продукции/сырья. Принимая во внимание частоту обнаружения пестицидов, при планировании мониторинга можно уменьшить объем рутинных исследований в лабораториях, но при этом в полной мере реализовать стратегию обеспечения пищевой безопасности.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПЕСТИЦИДОВ В ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

В современных условиях наблюдается быстрое развитие аналитических методов контроля продукции пищевого назначения. В разных странах научные коллективы и отдельные исследователи занимаются разработкой методик многокомпонентного анализа пищевой продукции, которые позволяют определять одновременно от десятка до нескольких сотен токсикантов, включая пестициды, в рамках одного аналитического цикла. Однако технический регламент ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» регламентирует перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента. Согласно этому документу, для определения остаточных содержаний пестицидов могут быть преимущественно использованы методы газожидкостной хроматографии (ГЖХ) и тонкослойной хроматографии (ТСХ). Метод ТСХ является одним из

старейших в анализе пестицидов, однако следует отметить, что в последнее время он не находит широкого распространения при проведении рутинных исследований в области обеспечения пищевой безопасности за рубежом, ввиду его высокой трудоемкости, недостаточной чувствительности и селективности. Тем не менее, благодаря использованию современных подходов к пробоподготовке и детектированию, ТСХ продолжает развиваться и использоваться в специфичных областях, таких как характеристика натуральных и синтетических пестицидов, исследование их метаболизма, деградации, подвижности в почвах и липофильности [10].

Что касается современных активно развивающихся методов для определения пестицидов, то среди них чаще всего применяются и считаются наиболее подходящими для анализа пищевых продуктов комбинации следующих методов: ЖХ- и ВЭЖХ-МС/МС [4, 11–14], ВЭЖХ-МС-ВП [15, 16], ГХ-МС [17–24], и ГХ-МС/МС [21, 25–28], причем довольно часто эти методы применяют, сочетая их с так называемой процедурой пробоподготовки QuEChERS (англ. Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe – быстрый, простой, дешевый, эффективный и безопасный). В настоящее время предложены простые варианты пробоподготовки молока, мяса, жира, яиц, печени, почек, кормов и зерна с использованием экстракции ацетонитрилом и гексаном. QuEChERS зарекомендовал себя как наиболее эффективный метод подготовки проб. Дополнительная очистка экстрактов методом дисперсионной жидкостно-жидкостной микроэкстракции (ДЖЖМЭ) позволяет значительно сократить количества органических растворителей по сравнению с классическими методами экстракции и одновременно, в рамках одного анализа, определять большое количество компонентов пробы, в том числе пестициды.

Рассматривая простые и экспрессные методы, следует обратить внимание на определение пестицидов методом термо-десорбционной масс-спектрометрии с ионизацией электроспреем (ТД-МС) [29], а также Рамановской спектроскопией (РС) [30, 31]. Однако на данный момент их использование ограничивается анализом овощей и фруктов, так как известно, что большинство пестицидов локализуется на поверхности плодов.

В целом, анализ литературных данных показывает, что к настоящему времени разработано и предложено большое количество методов определения пестицидов в пищевой продукции, однако большинство из них пригодно только для простых матриц, в том числе овощей и фруктов. Подчеркнем, что в отличие от анализа растительной продукции, определение пестицидов в продукции животного происхождения предполагает сложную подготовку проб, с использованием значительного объема токсичных растворителей, что ведет к удлинению и усложнению процесса анализа.

В конечном счете можно сделать вывод, что на сегодня самыми эффективными, чувствительными и перспективными методами определения пестицидов в продукции животноводства, как правило, являются ГХ-МС/МС и ВЭЖХ-МС-ВП с пробоподготовкой QuEChERS. Ожидается, что дальнейшее внедрение этих методов в рутинную лабораторную практику даст возможность в рамках одного анализа проводить определение большого количества

токсикантов. При этом очень важно проводить предварительный скрининг проб сельскохозяйственного сырья и конечной пищевой продукции, что позволит составить перечень наиболее часто обнаруживаемых пестицидов, в том числе не нормируемых законодательно, а затем в рамках подтверждающего анализа установить их точное содержание в соответствии с международными рекомендациями.

НОРМИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

На территории Российской Федерации и Таможенного союза основным действующим нормативным документом является ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», согласно которому в мясе и мясной продукции нормируются только гексахлорциклогексан (ГХЦГ и его изомеры) и ДДТ (и его метаболиты), в продукции из пресноводной рыбы, кроме того, не допускается 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота), в зерне список нормируемых соединений дополняют гексахлорбензол и ртутьорганические пестициды [32].

Более строгие требования предъявляются к сырью для производства детского питания. Приложение № 10 к ТР ТС 021/2011 регламентирует запрет на использование при производстве продовольственного сырья, предназначенного для производства пищевой продукции детского питания, следующих пестицидов (с учетом продуктов распада): дисульфотон (дисульфотон, сульфоксид дисульфотона и сульфон дисульфотона, выраженный по дисульфотону); фенсульфотон (фенсульфотон, его кислородный аналог и их сульфоны, выраженные по фенсульфотону (т.е. с учетом токсичности последнего); фентин, выраженный по трифенилтин-катиону; галоксифоп (галоксифоп, его соли и эфиры, включая конъюгаты, выраженные по галоксифопу); гептахлор и транс-гептахлора эпоксид, выраженный по гептахлору; гексахлорбензол; нитрофен; омэтоат; тербуфос (тербуфос, его сульфоксид и сульфон, выраженный по тербуфосу); альдрин и дильдрин; андрин [32].

Гигиенические нормативы 1.2.3539-18 нормируют МДУ, в том числе временные, для 603 пестицидов в объектах окружающей среды, в том числе и в пищевой продукции [33]. Основной принцип регламентирования остаточных количеств действующих веществ пестицидов, зарегистрированных в Российской Федерации, как и в других странах мира – «суммарное количество действующего вещества пестицида (и продуктов его трансформации), которое может поступать в организм из разных сред, не должно превышать допустимую суточную дозу (далее – ДСД) для человека».

В Европейском Союзе вопрос о регулировании загрязнителей в пищевой продукции в настоящее время является наиболее проработанным, вследствие свободного товарооборота. Регламент (ЕС) № 178/2002 устанавливает общие принципы и требования пищевого законодательства и учреждает EFSA (European Food Safety Authority – Европейское Управление по безопасности пищевых продуктов) в качестве независимого консультационного органа по вопросам возможных рисков, связанных с продовольствием, включая здоровье

животных и защиту растений. Агентство занимается поиском и анализом научно-технических данных и готовит научные заключения по вопросам безопасности продовольствия и кормов, поощряет разработку эффективных методов оценки рисков, содействует в урегулировании кризисов и обеспечивает общественность доступной, надежной и объективной информацией, связанной с пищевой безопасностью. Для оперативного обмена информацией по возникающим угрозам здоровью населения создана сеть RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed – система быстрого оповещения для пищевых продуктов и кормов). Как только у участника сети появляется любая информация о существовании серьезного риска для здоровья людей, связанного с пищевыми продуктами или кормами, эта информация немедленно сообщается Комиссии через RASFF, далее Комиссия посредством сети оповещает остальных ее участников.

Необходимо также отметить, что пищевое законодательство предусматривает в рамках официального контроля использование методов отбора и анализа проб, соответствующих правилам Европейского сообщества, а если их не существует, то международным правилам и протоколам.

Агентство по охране окружающей среды (EPA) и FDA США создали глобальную онлайн базу данных МДУ пестицидов и ветпрепаратов (Global MRL Database [34]). В связи с тем, что международные правила и МДУ часто меняются, база непрерывно обновляется, однако в нее не включены запрещенные к использованию препараты.

Согласно проведенному анализу официальных данных, установлены существенные расхождения в номенклатуре нормируемых пестицидов в Китае, странах ЕС, США, Бразилии и Российской Федерации (т.е. странах, лидирующих в производстве продукции животноводства по данным Министерства сельского хозяйства США за 2016-2017 гг.) (табл. 1).

Таблица 1. Нормирование остаточного содержания пестицидов

Страна	Количество нормируемых пестицидов	Регламентирующие документы/Официальная база данных
Китай	417	Национальный стандарт безопасности пищевых продуктов – Максимальные уровни остатков пестицидов в пищевых продуктах (GB 2763-2016)/Нет единой БД
ЕС	500	Регламент ЕС по максимальным уровням остатков пестицидов в пищевых продуктах и кормах растительного и животного происхождения (Regulation (EC) No 396/2005)/EU – Pesticide database: http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/
США	398	Закон о пищевых продуктах и лекарствах/ Global MRL Database: https://www.globalmrl.com/

Бразилия	450	«Monografias de Agrototoxicos» /ANVISTA: http://portal.anvisa.gov.br/
Российская Федерация	603	ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», ГН 1.2.3539-18 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)/Нет единой БД

Анализ нормативной документации Российской Федерации, касающейся наиболее часто обнаруживаемых на основании данных PDP пестицидов в продукции животноводства, показал, что в РФ нормативные значения МДУ установлены только для ДДЕ в сливочном масле и ДДТ в лососе (0,2 и 2,0 мг/кг, соответственно). Данная ситуация создает дополнительную угрозу здоровью потребителей при импорте сельскохозяйственной продукции и сырья, так как при отсутствии регламентированных значений МДУ токсикантов нет возможности контролировать их остаточное содержание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литературных данных и нормативной документации показывает необходимость совершенствования нормативной и методической базы при проведении мониторинга остаточного содержания пестицидов в пищевой продукции животного происхождения. Необходим новый, риск-ориентированный подход к проведению мониторинга сельскохозяйственной продукции по показателям безопасности. Этот подход должен учитывать частоту обнаружения пестицидов в продуктах питания и сырье (в том числе по результатам, полученным с использованием современных скрининговых методов), несоответствия в значениях их МДУ для стран, лидирующих в производстве и импортировании продукции животноводства, а также возможность проведения исследований валидированными методами вне существующей базы нормативной документации (на основе анализа данных из международных и отечественных рецензируемых изданий). Все это позволит усовершенствовать систему обеспечения безопасности пищевой продукции и сырья в Российской Федерации – сохранить ее эффективность при уменьшении затрат на проведение рутинных исследований.

Список литературы:

1. Methods of Analysis of Food Components and Additives. 2nd edition. Ed. Semih Otles. CRC Press, 2016. 534 p.
2. Май И.В., Нукифорова Н.В. // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 2. С. 205.
3. Masia A., Suarez-Varela M. M., Llopis-Gonzalez A., Pico Y. // Analytica Chimica Acta. 2016. V. 936. P. 40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.07.023>.

4. *Choi S., Kim S., Shin J. Y., Kim M. K., Kim J.* // Food Chem. 2015. V. 173. P. 1236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.143>.
5. *Kiljanek T., Niewiadowska A., Semeniuk S. et al.* // Journal of Chromatography A. 2016. V. 1435. P. 100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.01.045>.
6. *Shamsipur M., Yazdanfar N., Ghambarian M.* // Food Chemistry. 2016. V. 204. P. 289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.090>.
7. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Стокгольм, Швеция, 2001. (Доп. 2017 г.).
8. FAO and WHO. 2019. Pesticide residues in food 2018 – Report 2018 – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. FAO Plant Production and Protection Paper no. 234. Rome. 668 p.
9. <https://apps.ams.usda.gov/pdp> (дата обращения: 25.03.19).
10. *Sherma J.* // J. Environ. Sci. Health. B. 2015. V. 50. No. 5. P. 301. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2015.1000163>.
11. *Piatkowska M., Jedziniak P., Zmudzki J.* // Anal. Meth. 2014. No. 6. P. 3034. DOI: 10.1039/C3AY42025F.
12. *Hildmann F., Gottert C., Frenzel T., Kempe G., Speer K.* // J. Chromatogr. A. 2015. V. 1403. P. 1. DOI: 10.1016/j.chroma.2015.05.024.
13. *Oliveira F.A.S., Madureira F.D., Lopes R.P. et al.* // Quim. Nova. 2014. V. 37. No. 10. P. 1699. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140264>.
14. *Paradis D., Bérail G., Bonmatin J.-M., Belzunces L.P.* // Anal. Bioanal. Chem. 2014. V. 406. No. 2. P. 621. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7483-z>.
15. *Yang P., Chang J.S., Wong J.W. et al.* // J. Agric. Food Chem. 2015. V. 63. No. 21. P. 5169. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf505168v>.
16. *Амелин В.Г., Андоралов А.М., Волкова Н.М. и др.* // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19. № 2. С. 189. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.2.010.
17. *Vukovic G., Shtereva D., Bursic V., Mladenova, R., Lazic, S.* // LWT – Food Sci. Tech. 2012. V. 49. No. 2. P. 312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.021>.
18. *Molina-Ruiz J.M., Cieslik E., Cieslik I., Walkowska I.* // Food Anal. Meth. 2015. V. 8. No. 4. P. 898. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9966-8>.
19. *Chung Stephen W.C., Chen Benedict L.S.* // Chromatographia. 2015. V. 78. No. 7. P. 565. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10337-015-2846-6>.
20. *Surma M.K., Sadowska-Rociek A.B., Cieřlik E.J.* // Food Anal. Meth. 2014. V. 7. No. 2. P. 366. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9635-3>.
21. *Bargańska Ź., Olkowska E., Dymerski T., Namieřnik J.* // J. Bioprocess Biotech. 2014. V. 4. No. 7. P. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9821.1000182>.
22. *Besil N., Uclés S., Mezcúa M., Heinzen H., Fernández-Alba A.R.* // Anal. Bioanal. Chem. 2015. V. 407. No. 21. P. 6327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-015-8514-8>.
23. *Amendola G., Pelosi P., Barbini D.A.* // J. Environ. Sci. Health. B. 2015. V. 50. No. 2. P. 109. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2015.975607>.
24. *Martinez-Dominguez G., Romero-Gonzalez R., Garrido-Frenich A.* // Anal. Meth. 2014. No. 6. P. 5376. DOI: 10.1039/C3AY42048E.
25. *Bargańska Ź., Ślebioda M., Namieřnik J.* // J. Chromatogr. Sep. Tech. 2015. V. 6. No. 5. P. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7064.S6-002>.
26. *Zheng G., Han C., Y. Liu et al.* // J. Dairy Sci. 2014. V. 97. No. 10. P. 6016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8192>.
27. *Dell’Oro D., Casamassima F., Gesualdo G. et al.* // Int. J. Food Sci. Tech. 2014. V. 49. No. 5. P. 1391. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12441>.
28. *Li R., He L., Zhou T. et al.* // Anal. Bioanal. Chem. 2014. V. 6. No. 12. P. 2899. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-014-7717-8>.
29. *Shiea C., Huang Y.-L., Liu D.-L. et al.* // Rapid Commun. Mass Spectrom. 2015. V. 29. No. 2. P. 163. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.7086>.

30. *Nguyen T.H.D., Zhang Z., Mustapha A., Li H., Lin M.* // J. Agric. Food Chem. 2014. V. 62. No. 43. P. 10445. DOI: 10.1021/jf5036417.
31. *Wijaya W., Pang S., Labuza T.P., He L.* // J. Food Sci. 2014. V. 79. No. 4. P. 743. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12391>.
32. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880. С изм. от 10 июня 2014 г.
33. ГН 1.2.3539-18 «Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)». Постановление от 10 мая 2018 года № 33.
34. <https://www.globalmrl.com/> (дата обращения: 25.03.19).

References:

1. *Methods of Analysis of Food Components and Additives*. 2nd edition. Ed. Semih Otles. CRC Press, 2016. 534 p.
2. *Mai I.V., Nikiforova N.V.* // *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. 2019. V. 98. No. 2. P. 205 [in Russian].
3. *Masia A., Suarez-Varela M. M., Llopis-Gonzalez A., Pico Y.* // *Analytica Chimica Acta*. 2016. V. 936. P. 40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.07.023>.
4. *Choi S., Kim S., Shin J. Y., Kim M. K., Kim J.* // *Food Chem.* 2015. V. 173. P. 1236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.143>.
5. *Kiljanek T., Niewiadowska A., Semeniuk S. et al.* // *Journal of Chromatography A*. 2016. V. 1435. P. 100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.01.045>.
6. *Shamsipur M., Yazdanfar N., Ghambarian M.* // *Food Chemistry*. 2016. V. 204. P. 289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.090>.
7. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Text and Annexes (revised in 2017). <http://www.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> (accessed 25.03.19).
8. FAO and WHO. 2019. Pesticide residues in food 2018 – Report 2018 – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. FAO Plant Production and Protection Paper no. 234. Rome. 668 p.
9. <https://apps.ams.usda.gov/pdp> (accessed: 25.03.19).
10. *Sherma J.* // *J. Environ. Sci. Health. B*. 2015. V. 50. No. 5. P. 301. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2015.1000163>.
11. *Piatkowska M., Jedziniak P., Zmudzki J.* // *Anal. Meth.* 2014. No. 6. P. 3034. DOI: 10.1039/C3AY42025F.
12. *Hildmann F., Gottert C., Frenzel T., Kempe G., Speer K.* // *J. Chromatogr. A*. 2015. V. 1403. P. 1. DOI: 10.1016/j.chroma.2015.05.024.
13. *Oliveira F.A.S., Madureira F.D., Lopes R.P. et al.* // *Quim. Nova*. 2014. V. 37. No. 10. P. 1699. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140264>.
14. *Paradis D., Bérail G., Bonmatin J.-M., Belzunces L.P.* // *Anal. Bioanal. Chem.* 2014. V. 406. No. 2. P. 621. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7483-z>.
15. *Yang P., Chang J.S., Wong J.W. et al.* // *J. Agric. Food Chem.* 2015. V. 63. No. 21. P. 5169. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf505168v>.
16. *Amelin V.G., Andorlov A.M., Volkova N.M. et al.* // *Analitika i kontrol' [Analytics and control]*. 2015. V. 19. No. 2. P. 189 [in Russian]. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.2.010.
17. *Vukovic G., Shtereva D., Bursic V., Mladenova, R. Lazic S.* // *LWT – Food Sci. Tech.* 2012. V. 49. No. 2. P. 312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.021>.
18. *Molina-Ruiz J.M., Cieslik E., Cieslik I., Walkowska I.* // *Food Anal. Meth.* 2015. V. 8. No. 4. P. 898. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9966-8>.
19. *Chung Stephen W.C., Chen Benedict L.S.* // *Chromatographia*. 2015. V. 78. No. 7. P. 565. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10337-015-2846-6>.

20. *Surma M.K., Sadowska-Rociek A.B., Cieřlik E.J.* // Food Anal. Meth. 2014. V. 7. No. 2. P. 366. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9635-3>.
21. *Bargańska Ź., Olkowska E., Dymerski T., Namieřnik J.* // J. Bioprocess Biotech. 2014. V. 4. No. 7. P. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9821.1000182>.
22. *Besil N., Uclés S., Mezcúa M., Heinzen H., Fernández-Alba A.R.* // Anal. Bioanal. Chem. 2015. V. 407. No. 21. P. 6327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-015-8514-8>.
23. *Amendola G., Pelosi P., Barbini D.A.* // J. Environ. Sci. Health. B. 2015. V. 50. No. 2. P. 109. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2015.975607>.
24. *Martinez-Dominguez G., Romero-Gonzalez R., Garrido-Frenich A.* // Anal. Meth. 2014. No. 6. P. 5376. DOI: 10.1039/C3AY42048E.
25. *Bargańska Ź., Ślebioda M., Namieřnik J.* // J. Chromatogr. Sep. Tech. 2015. V. 6. No. 5. P. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7064.S6-002>.
26. *Zheng G., Han C., Y. Liu et al.* // J. Dairy Sci. 2014. V. 97. No. 10. P. 6016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8192>.
27. *Dell'Oro D., Casamassima F., Gesualdo G. et al.* // Int. J. Food Sci. Tech. 2014. V. 49. No. 5. P. 1391. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12441>.
28. *Li R., He L., Zhou T. et al.* // Anal. Bioanal. Chem. 2014. V. 6. No. 12. P. 2899. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-014-7717-8>.
29. *Shiea C., Huang Y.-L., Liu D.-L. et al.* // Rapid Commun. Mass Spectrom. 2015. V. 29. No. 2. P. 163. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.7086>.
30. *Nguyen T.H.D., Zhang Z., Mustapha A., Li H., Lin M.* // J. Agric. Food Chem. 2014. V. 62. No. 43. P. 10445. DOI: 10.1021/jf5036417.
31. *Wijaya W., Pang S., Labuza T.P., He L.* // J. Food Sci. 2014. V. 79. No. 4. P. 743. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12391>.
32. Technical Regulations of Customs Union TR CU 021/2011 “On Food Safety”. Approved on December 9, 2011 No. 880 (as amended on June 10, 2014).
33. GN 1.2.3539-18 “Hygienic standards for content of pesticides in environmental objects (list)”. Administrative regulation of RF from May 10, 2018 No. 33 [in Russian].
34. <https://www.globalmrl.com/> (accessed 25.03.19).