

УДК 615.33

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-85-94](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-85-94)

Поступила в редакцию 10.02.2023

Received 10.02.2023

А. А. Сулковская, И. М. Почицкая, Н. В. Комарова*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АНТИБИОТИКОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Аннотация. В статье рассмотрена одна из важнейших проблем современной науки и практики, касающаяся безопасности продуктов и их роль в структуре потребительской продукции. Исследование сырья и продуктов питания на содержание антибиотиков компонентов задача актуальная, поскольку увеличение производительности и, как следствие, снижение себестоимости продукции в животноводстве и птицеводстве достигаются при рациональном применении антибиотиков и стимуляторов роста. Отечественные производители сельскохозяйственной продукции, использующие в соответствии со своим технологическим регламентом антибиотики, микотоксины, пестициды и стимуляторы роста, должны гарантировать безопасность продукции для здоровья человека.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует максимально снизить применение антибиотиков в животноводстве. Рациональный подход к использованию антибиотиков у животных и людей позволит сохранить активность этих препаратов для дальнейшего использования в медицине. В связи с тем, что группы применяемых антибиотиков у людей и животных в сельском хозяйстве одинаковы, остаточные количества антибиотиков в пищевых продуктах способствуют появлению устойчивых штаммов микроорганизмов и у людей. Соответственно у людей, употребляющих такие продукты, развивается иммунитет к приему антибиотиков, и для получения ожидаемого эффекта при лечении требуются все большие дозы и более сильные препараты.

Длительное использование в пищу продуктов питания, содержащих остаточные количества антибиотиков, так же, как и прием антибиотиков с лечебной целью, может вызывать неблагоприятные для здоровья последствия, такие как аллергические реакции, подавление иммунитета, дисбактериоз и токсическое воздействие на организм.

Для обеспечения безопасности здоровья человека разработаны максимально допустимые нормы суточного поступления антибиотиков с продуктами питания. Остаточное содержание этих потенциально опасных соединений в готовой продукции должно быть ниже предельно допустимых уровней, определенных законодательством. В обзоре представлены современные методы исследований остаточных концентраций антибиотиков, в частности более подробно рассмотрен метод иммуноферментного анализа (далее ИФА) и мониторинг продуктов питания на содержание следов антибиотиков в 2022 году.

Метод ИФА определен директивой ЕС 657/2002 как один из методов контроля вредных веществ и на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных в мире методом для проведения скрининговых исследований остаточных количеств огромного спектра вредных веществ от антибиотиков и микотоксинов до пестицидов и диоксинов.

Ключевые слова: иммуноферментный анализ, продукты питания, методы определения, антибиотики.

A. A. Sulkovskaya, I. M. Pochitskaya, N. V. Komarova*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

INVESTIGATION OF THE CONTENT OF ANTIBIOTICS IN FOOD PRODUCTS

Annotation. The article considers one of the most important problems of modern science and practice concerning the safety of products and their role in the structure of consumer products.

The study of raw materials and food products for the content of antibiotic components is an urgent task, since an increase in productivity and, as a result, a reduction in the cost of production in animal husbandry and poultry farming is achieved with the rational use of antibiotics and growth stimulants. Domestic producers of agricultural products using antibiotics, mycotoxins, pesticides and growth stimulants in accordance with their technological regulations must guarantee the safety of products for human health.

The World Health Organization (WHO) recommends reducing the use of antibiotics in animal husbandry as much as possible. A rational approach to the use of antibiotics in animals and humans will preserve the activity of these drugs for further use in medicine. Due to the fact that the groups of antibiotics used in humans and animals in agriculture are the same, residual amounts of antibiotics in food products contribute to the emergence of resistant strains of microorganisms in humans. Accordingly, people who use such products develop immunity to taking antibiotics, and in order to obtain the expected effect during treatment, larger doses and stronger drugs are required.

Prolonged use of food containing residual amounts of antibiotics, as well as taking antibiotics for therapeutic purposes, can cause adverse health consequences, such as allergic reactions, immune suppression, dysbiosis and toxic effects on the body.

To ensure the safety of human health, the maximum permissible norms of daily intake of antibiotics with food have been developed. The residual content of these potentially dangerous compounds in the finished product must be below the maximum permissible levels defined by legislation. The review presents modern methods for investigating residual concentrations of antibiotics, in particular, the method of enzyme immunoassay (hereinafter ELISA) and monitoring of food for traces of antibiotics in 2022 are considered in more detail.

The ELISA method is defined by the EU Directive 657/2002 as one of the methods of control of harmful substances and today is one of the most common methods in the world for conducting screening studies of residual amounts of a huge range of harmful substances from antibiotics and mycotoxins to pesticides and dioxins.

Key words: enzyme immunoassay, food, detection methods, antibiotics.

Введение. Концепция государственной политики здорового питания населения предусматривает совершенствование нормативно-методической базы государственного надзора за качеством и безопасностью сырья и продуктов животного происхождения, поступаемых к потребителю. Риск загрязнения продовольственного сырья потенциально опасными химическими соединениями может быть снижен только при эффективной системе контроля на всех стадиях — от производства до реализации.

Вследствие этого к методам массового контроля вредных соединений в сырье и продуктах животного происхождения должны предъявляться весьма жесткие требования — методы должны быть надежны, просты, оперативны, они должны обеспечивать высокую чувствительность и селективность определения.

Антибиотики входят в группу ингибирующих веществ микробиологических процессов. Развитие методов контроля таких веществ тесно связано с их применением для установления безопасности пищевых продуктов. Методы определения содержания ингибирующих веществ разделяются на микробиологические, иммунологические, химические и физико-химические [1–3].

Высокое содержание антибиотиков в пищевых продуктах обусловлено их широким применением в промышленном животноводстве, птицеводстве и рыболовстве [4, 5]. Антибиотики стимулируют отдельные биохимические процессы в организме животных, что приводит к улучшению их общего состояния, ускорению роста, повышению продуктивности, активизации защитных реакций. Поэтому их используют не только для лечения, но и стимуляции роста, откорма животных, повышения их продуктивности.

Антибиотики дают животным с питьевой водой непосредственно перед убоем либо вводят путем инъекции, что позволяет увеличить продолжительность хранения свежего мяса на 2–3 суток и улучшить его внешний вид, запах, цвет. Эффективна также обработка мясных туш растворами антибиотиков. Использование антибиотика увеличивает срок хранения мясного фарша и свежей рыбы. При этом рыбу опускают в раствор антибиотика (50 мг/л), либо хранят во льду с антибиотиком (5 мг/кг) [1, 6].

Антибиотики негативно влияют на микробиологические процессы кисломолочного производства, вследствие чего возможно изготовление опасной продукции [7].

В Республике Беларусь требования к показателям безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья, лимитирующие содержание антибиотиков отражены в следующей нормативной документации: ТР ТС 021/2011, СанНПиГН 52-2013, ГН 37-2021, ТР ЕАЭС 040/2016, ТР ТС 033/2013.

Широкое применение в производстве нашли микробиологические методы, основанные на непосредственном биологическом действии антибиотиков на чувствительные штаммы микроорганизмов. Содержание антибиотиков выявляют при их диффузии в агар по величине торможения роста различных тест-культур, внесенных в питательные среды [2].

Несмотря на то, что микробиологические методы не нуждаются в сложном оборудовании и доступны для клинических лабораторий, они практически не применяются для мониторинга антибиотиков. Это связано с продолжительностью анализа, отсутствием специфичности и невысокой точностью при определении больших концентраций, так как размножение и развитие микроорганизмов зависит от температуры, времени выдержки и др. Отклонение от оптимальной температуры влияет на чувствительность тест-микроба по отношению к определяемым веществам. Вместе с тем для изучения фармакокинетики антибиотиков микробиологические методы применяются довольно часто [2, 8].

Определению антибиотиков в пищевых продуктах посвящено большое число исследований, основанных на использовании сенсibilизированной люминесценции ионов Eu (III) и Tb (III). Эти работы относятся, в основном к антибиотикам тетрациклинового и хинолонового ряда, которые наиболее широко применяются в животноводстве. Для снижения пределов обнаружения и повышения избирательности определения в ряде случаев применяют твердофазную, кинетическую и разрешенную во времени люминесценцию. В некоторых исследованиях в качестве аналитического сигнала используют собственную молекулярную люминесценцию антибиотиков. Для выделения антибиотиков из анализируемых образцов в некоторых случаях применяют экстракцию органическим растворителем или твердофазную экстракцию [9–13].

При этом люминесцентный метод имеет ряд недостатков, например заметная зависимость от условий окружающей среды, строгие требования к исследуемой пробе. Эти недостатки нивелируются современным оборудованием, но могут помешать проводить исследования с необходимой точностью. Кроме того флуориметры дорогостоящие в производстве и имеют высокую стоимость даже на базовые модели [13–17].

Из электрохимических методов нашли применение следующие: амперометрическое титрование, ионометрия, вольтамперометрия. Эти методики отличаются высокой чувствительностью, простотой и селективностью. Для одновременного определения нескольких антибиотиков в анализе использован метод капиллярного электрофореза, который по пределу обнаружения является альтернативным методу жидкостной хроматографии [18, 19].

Особенность методов электрохимического анализа состоит в том, что в анализируемую систему не вводятся какие-либо химические реагенты, а используются процессы, связанные с переносом ионов или электронов. Из электрохимических методов для определения антибиотиков в биологических жидкостях и фармацевтических формах чаще всего применяются вольтамперометрия и потенциометрия [20].

Основная сложность определения антибиотиков обусловлена их низкой концентрацией на фоне большого избытка мешающих веществ. Недостаточная чувствительность и селективность большинства методов при определении антибиотиков обуславливают необходимость их предварительного концентрирования, а дополнительная операция концентрирования влияет на точность анализа и увеличивает время анализа. Довольно часто при определении антибиотиков необходимо проводить анализ на достаточно большом количестве образцов, поэтому для решения проблем контроля антибиотиков активно развиваются био-сенсорные методы экспресс-анализа [21].

Также для определения антибиотиков в пищевых продуктах широко применяются хроматографические методы. Наиболее эффективным при этом является метод ВЭЖХ с флуоресцентным, ультрафиолетовым или масс-спектрометрическим детектором. Хроматографические методы отличаются высокой селективностью, экспрессностью и высокой чувствительностью, что позволяет определять очень низкие количества антибиотиков в пищевых продуктах [8, 22–24].

Несмотря на свои преимущества, метод ВЭЖХ является дорогостоящим, требующим большого количества специфической органики. Применение твердофазной экстракции и капиллярного электрофореза позволяет несколько снизить стоимость и относительно ускорить проведение определения антибиотиков [25].

В случаях, когда невозможно оснащение лаборатории высокоточным и дорогостоящим оборудованием, используется метод иммуноферментного анализа. В основе анализа лежат два биологических процесса: высокая специфичность антител, т.е. способность реагировать со строго определенными антигенами и многократное усиление химических реакций ферментами. ИФА реализуется в двух основных модификациях: конкурентный метод и сэн-

двич-метод. Определение концентрации аналита в лунках планшета проводится спектрофотометрически [27].

Основными преимуществами метода ИФА являются быстрота и высокая производительность, простота пробоподготовки и анализа, удобство работы, высокая чувствительность и специфичность метода, небольшие затраты на постановку и поддержку метода.

Иммуноферментный анализ достаточно прост в исполнении. Тем не менее, сложные биологические и физико-химические превращения, влияющие на характер получаемых данных и накладывающие определенные ограничения на применимость методов математической обработки результатов. Кроме того существует вероятность получения в редких случаях ложноотрицательных или же ложноположительных результатов [26].

Несмотря на свои преимущества и недостатки, ИФА является довольно распространенным методом для анализа содержания остатков антибиотиков в различных пищевых продуктах [28, 29].

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания. Объектами исследований являлись 1640 образца различных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов, представленных на испытания в 2022 г.

За анализируемый период на исследование содержания бацитрацина поступали следующие объекты аквакультуры: форель, семга, карп. Бацитрацин и хлорамфеникол определяли в образцах мясной продукции, в частности свинина, говядина, курица, полуфабрикаты из мяса и птицы, разнообразные мясные изделия, колбасы, консервы, в том числе для детского питания, яйца и яичный порошок. Содержание хлорамфеникола, стрептомицина и пенициллина контролировали в молочной продукции: молоко, в том числе для детского питания, кисломолочная продукция, кефир, сметана, йогурты, творог и сыр.

Для определения антибиотиков использовали метод ИФА, принцип которого заключается в реакции специфического взаимодействия антигена с антителом с образованием иммунного комплекса и последующей детекцией полученного комплекса с помощью спектрофотометрии.

Результаты исследований и их обсуждение. Длительное употребление пищи с избыточным содержанием антибиотиков приводит к появлению антибиотикорезистентности, что может вызывать широко распространенные, серьезные болезни: сепсис, энтероколит, пневмония, инфекции мочевыводящих путей и т. д. При использовании антибиотиков происходит угнетение главных факторов иммунной защиты организма от воздействия инфекций.

Для обеспечения безопасности здоровья человека необходимо максимально снизить количество антибиотиков в продуктах животного происхождения, и, следовательно, проводить тщательный контроль их содержания в продуктах питания.

При определении антибиотиков в качестве субстратов ферментов использовали такие вещества, продукты превращения которых являются окрашенными соединениями или, наоборот, окраска самих субстратов изменяется в процессе реакции. Окрашенные соединения поглощают видимый свет, то есть электромагнитное излучение с длинами волн 400–700 нм (рис.1).

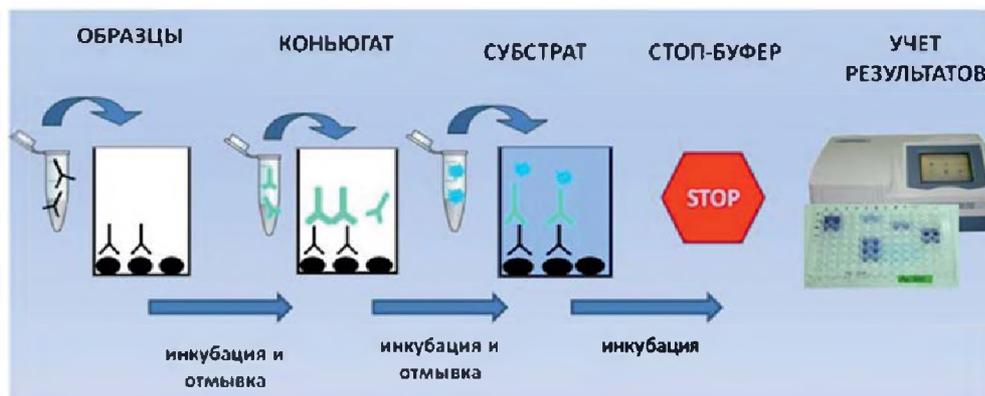


Рис. 1. Схема процедуры выполнения анализа
Fig. 1. The procedure for performing the analysis

Поглощение света подчиняется закону Бугера-Ламберта-Бера, в соответствии с которым оптическая плотность раствора в определенном диапазоне прямо пропорциональна концентрации вещества [30].

Для автоматической регистрации оптической плотности и результатов иммуноферментного анализа использовали спектрофотометр, с последующей обработкой данных специализированным программным обеспечением.

Для количественного определения концентрации антибиотика в анализируемых пробах на основании оптических плотностей калибровочных растворов и присвоенных им концентраций была построена калибровочная кривая (рис. 2). Ее внешний вид и данные оптических плотностей градуировочных растворов являются средством контроля качества измерений. Полученные данные сравнивали с оптической плотностью градуировочных растворов и градуировочной кривой в сертификате на партию.

Большинство специализированных программ позволяет выполнить проверку выбранной для построения КК модели на корректность реализации алгоритма расчетов. Рассматривая калибровочные пробы как неизвестные образцы, они производят обратное вычисление концентрации аналита в каждой калибровочной пробе на основании значения сигнала и соответствующих параметров графика [31].

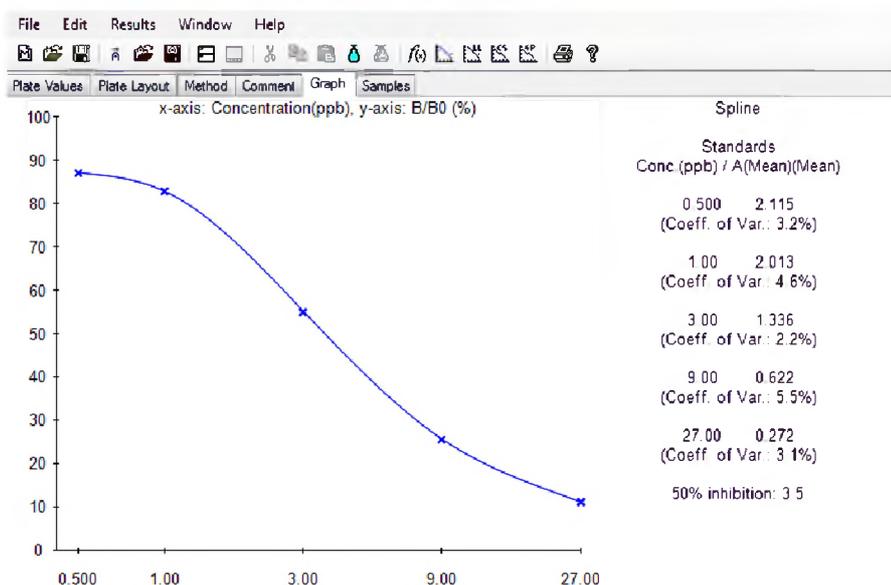


Рис. 2. Интерфейс программы обработки результатов анализа и пример построения калибровочной кривой

Fig. 2. The interface of the analysis results processing program and an example of the calibration curve construction

Контроль правильности при определении массовой доли анализируемого антибиотика производили путем анализа образцов для контроля с заранее известным значением концентрации вещества (рабочая проба с добавкой). Для приготовления рабочей пробы с добавкой использовали спайк-препарат заданного антибиотика, который представляет собой спайк-раствор готовый к использованию, или восстановленный лиофилизированный спайк-препарат. В качестве образцов для внесения добавки антибиотика были выбраны матрицы, в которых массовая доля анализируемого антибиотика ниже порога чувствительности тест-системы.

Всего было исследовано 1640 образцов различных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов (рис. 3, табл. 1).

Из общего количества исследованных образцов 72 % составили мясо и мясные продукты, в которых определяли содержание бацитрацина и хлорамфеникола. Остаточные количества хлорамфеникола, стрептомицина и пенициллина контролировали в молочной продукции, где на долю молочных и кисломолочных продуктов приходилось 14,8 % и 6,8 % на молоко. Рыбная продукция составила 6,4 %, в которой определяли антибиотик бацитрацин.

Содержание всех антибиотиков в проверенных образцах не превышало регламентированную норму, полученные результаты исследования были ниже уровня чувствительности метода.

Остаточное количество бацитрацина для мясных продуктов, яиц и рыбы садкового содержания не было обнаружено, что в соответствии требованиям ТНПА не должно превышать 0,02 мг/кг.

Таблица 1. Результаты определения антибиотиков в исследуемых образцах за 2022 год
Table 1. Results of determination of antibiotics in the studied samples for 2022

Исследуемый антибиотик/ метод анализа	Группа продуктов	ТНПА, регламентирующие требования к продукции	Допустимый уровень, мг/кг не более	Фактическое значение определяемого показателя, мг/кг
Бацитрацин, мг/кг МВИ.МН 4652-2013	Рыба садкового содержания (форель, семга, карп и т.д.)	ТР ТС 021/2011 ТР ЕАЭС 040/2016	Не допускается (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
	Мясо, птица, мясные изделия и полуфабрикаты, шпик, консервы, субпродукты	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
Хлорамфеникол, мг/кг МВИ.МН 2436-2015	Мясо, птица, мясные изделия и полуфабрикаты, шпик, консервы, субпродукты	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000013)
	Яйца, яичный порошок	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00005)
	Сыр	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000025)
	Молоко, сухое молоко	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000025)
	Сливки, мороженое, молочный коктейль	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00001)
	Кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00002)
	Творог, продукты из творога	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,0001)
	Стрептомицин, мг/кг МВИ.МН 2642-2015	Сыр	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,2)
Стрептомицин, мг/кг МВИ.МН 2642-2015	Творог, продукты из творога	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
	Молоко, сухое молоко, сливки, мороженое, молочный коктейль, кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
Пенициллин, мг/кг МВИ.МН 4885-2014	Молоко, молочная продукция, кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанПиПН 52-2013	Не допускается (<0,004)	Не обнаружено (<0,001)

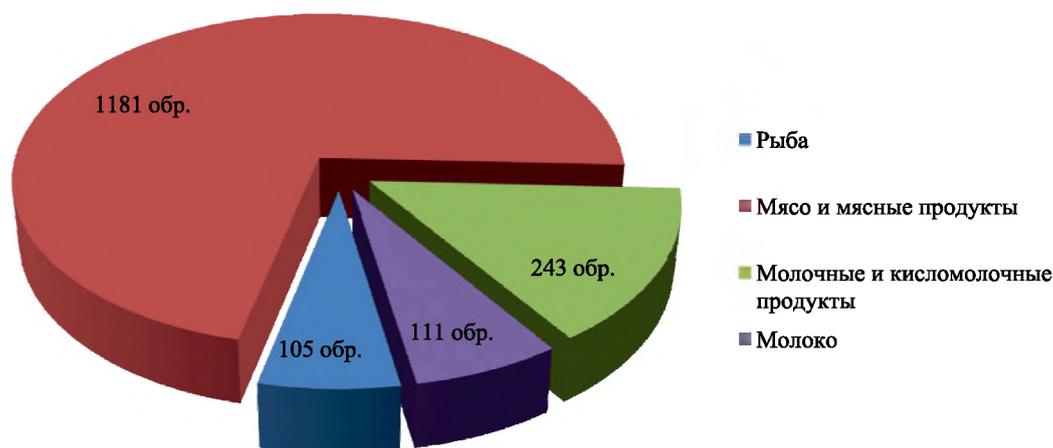


Рис. 3. Доли различных видов продукции в образцах, исследуемых на содержание антибиотиков

Fig.3. Various types of products in samples tested for the content of antibiotics

В яйцах, мясных и молочных продуктах не допускается (менее 0,0003 мг/кг) содержание хлорамфеникола, проведенные исследования подтвердили, что уровень содержания данного антибиотика не превышал требований ТНПА.

Следует отметить безопасность молока, молочной и кисломолочной продукции, так как следов применения антибиотиков не было обнаружено. Согласно ТНПА содержание стрептомицина не допускается (менее 0,2 мг/кг) и не допускается (менее 0,004 мг/кг) содержание пенициллина.

Из всех исследуемых образцов (рис. 4, табл. 2) к сырью и продуктам для детского питания относилось 9,8 % (161 образец). Из них 66 образцов — молоко и мясные консервы, предназначенные для детского питания.

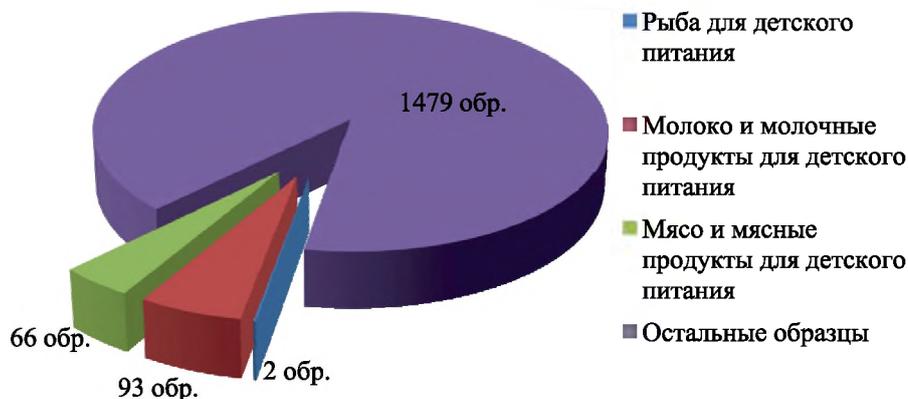


Рис. 4. Соотношение различных видов продукции в доле образцов для детского питания, исследуемых на содержание антибиотиков

Fig.4 . The ratio of different types of products in the proportion of samples for baby food tested for the content of antibiotics

В рыбе и рыбных консервах для детского питания определяли остаточную концентрацию бацитрацина. Содержание хлорамфеникола и бацитрацина было исследовано в детских мясных и мясорастительных консервах, а также в других мясных продуктах предназначенных для детского питания. Детское молоко, молочные и кисломолочные продукты для детского питания были проверены на уровень содержания стрептомицина, пенициллина и хлорамфеникола.

Согласно требованиям ТНПА, допустимый уровень содержания бацитрацина в продукции для детского питания не должен превышать 0,02 мг/кг. Остаточное количество хлорамфеникола не допускается (менее 0,0003мг/кг), стрептомицина не допускается (менее 0,2 мг/кг) и пенициллина не допускается (менее 0,004 мг/кг) соответственно.

Т а б л и ц а 2. Результаты определения антибиотиков в исследуемых образцах для детского питания за 2022 год
Table 2. The results of the determination of antibiotics in the studied samples for baby food for 2022

Исследуемый антибиотик/ метод анализа	Группа продуктов	ТНПА, регламентирующие требования к продукции	Допустимый уровень, мг/кг не более	Фактическое значение определяемого показателя, мг/кг
Бацитрацин, мг/кг МВИ.МН 4652-2013	Рыба для детского питания (детское пюре из хека семги)	-	-	Не обнаружено (<0,009)
	Рыба для детского питания (детское пюре из семги, минтая)	ТР ТС 021/2011 ТР ЕАЭС 040/2016	Не допускается (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
	Мясные и мясо-растительные детские консервы	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
Хлорамфеникол, мг/кг МВИ.МН 2436-2015	Мясные и мясо-растительные детские консервы	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000013)
	Молоко, сухое молоко для детского питания	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000025)
	Сливки, молочный коктейль детские	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00001)
	Кисломолочная продукция детская	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00002)
	Творог, продукты из творога для детей	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,0001)
Стрептомицин, мг/кг МВИ.МН 2642-2015	Творог, продукты из творога для детей	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
	Детское молоко, сухое молоко, сливки, мороженое, молочный коктейль, кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
Пенициллин, мг/кг МВИ.МН 4885-2014	Детское молоко, молочная продукция, кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,004)	Не обнаружено (<0,001)

Концентрация всех антибиотиков в проверенных продуктах детского питания детектировалась ниже уровня чувствительности метода.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования в пищевых продуктах показали, что в проверенных образцах содержание остаточных концентраций антибиотиков не превы-

шало нормируемого уровня. Это подтверждает качество и безопасность продуктов питания, в том числе предназначенных для детей школьного и дошкольного возраста, реализуемых в Республике Беларусь.

Список использованных источников

1. Бельтюкова, С. В. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах (Обзор) / С. В. Бельтюкова, Е. О. Ливенцова // Методы и объекты химического анализа. — 2013. — Т. 8, № 1. — С. 4–13.
2. Бузмакова, У. А. Химическая классификация и методы определения антибиотиков / У.А. Бузмакова, О.С. Кудряшова // Вестник Пермского университета. Серия: «Химия». — 2018. — № 1. — С. 6–28.
3. Cháfer-Pericás C. Fast screening methods to detect antibiotic residues in food samples / C. Cháfer-Pericás, B. Maquieira, R. Puchades // Trends Anal Chem. 2010; 29:1038–1049.
4. Білоусов, Ю. Б. Взаємодія лікарських препаратів з їжею / Ю.Б. Білоусов, К.Г. Гуревич // Фармацевтичний журнал. — 2002. — №6. — С. 42–45.
5. Чекман, І. С. Клініко-фармакологічні властивості антибіотиків / І. С. Чекман // Сучасні інфекції. — 2001. — №2. — С. 76–89.
6. Азибекян, А. С. Антибиотики в нашей пище / А. С. Азибекян, В. А. Курысько, Г. Н. Заичко // Успехи в химии и химической технологии. — 2013. — № 5. — С. 123–126.
7. Доротова, А. Практическая реализация методов определения антибиотиков в молоке. / А. Доротова, Е. Хрущева // Молочна промисловість. — 2009. — №9. — С. 46–48.
8. Современные методы определения антибиотиков в биологических и лекарственных средах (обзор) / Е.Г. Кулапина [и др.] // Антибиотики и химиотерапия. — 2009. — №54. — 60 с.
9. Бельтюкова, С. В. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах (Обзор) / С. В. Бельтюкова, Е. О. Ливенцова // Методы и объекты химического анализа. — 2013. — Т. 8, № 1. — С. 4–13.
10. Wenhna, Zh. Direct chiral separation of caderofloxacin enantiomers by HPLC using glucoprotein column / Zh. Wenhna // Журнал аналитической химии. — 2006. — Т. 61, № 11. — С. 1182–1184.
11. Бельтюкова, С. В. Использование f-f люминесценции ионов Eu(III) и Tb(III) в анализе лекарственных препаратов / С.В. Бельтюкова, А.В. Егорова, О.И. Теслюк // Украинский химический журнал. — 2000. — Т. 66, № 10. — С. 115–121.
12. Navalon, A. Determination of ciprofloxacin in human urine and serum samples by solid-phase spectrofluorimetry / A. Navalon., O. Ballesteros, R. Blanc // Talanta. — 2000. — Vol. 52, № 5. — P. 845–852.
13. Витюкова, Е. О. Определение окситетрациклина в молоке с использованием сенсibiliзироваанной люминесценции ионов европия (III) / Е.О. Витюкова, А.В. Егорова, С.В. Бельтюкова, Е.В. Малинка // Вісник ОНУ. — 2004. — Т. 9. — В. 6. — С. 95–103.
14. Капитан-Валвей, Л. Ф. Использование оптически прозрачных мембран для предварительного концентрирования и прямого фосфориметрического определения фармацевтического препарата флумехин / Л.Ф. Капитан-Валвей, О.М.А. АльБарбарави, М. Фернадес-Рамос, Р. Авидар // Журнал аналитической химии. — 2005. — Т. 60, № 11. — С. 1135–1140.
15. Singleuse phosphorimetric sensor for the determination of nalidixic acid in human urine and milk [L.F. Capitan-Vallvey, O.M.A. Al-Barbaravi, M.D. Fernades and others] // Analyst. — 2000. — Vol. 125, №11. — P. 2000–2005.
16. Shen X., Chen J., Lv S., Sun X., Dzantiev B.V., Eremin S.A., Zherdev A.V., Xu J., Sun Y., Lei H. Fluorescence polarization immunoassay for determination of enrofloxacin in pork liver and chicken. Molecules. 2019; 24: 4462. doi:10.3390/molecules24244462.
17. Raksawong P., Nurerk P., Chullasat K., Kanatharana P., Bunkoed O. A polypyrrole doped with fluorescent CdTe quantum dots and incorporated into molecularly imprinted silica for fluorometric determination of ampicillin. Microchim Acta. 2019; 186: 338. doi: 10.1007/s00604-019-3447-0.
18. Толстенко, Ю. В. Визначення вмісту окситетрациклина гідрохлориду в молочних продуктах електрохімічними методами / Ю.В. Толстенко, Т.Д. Смирнова, В.І. Ткач // Вопросы химии и химической технологии. — 2010. — № 5. — С. 84–87.
19. Шведен, Н.В. Ионометрическое определение β — лактамных антибиотиков / Н.В. Шведен, С.В. Боровская // Журнал аналитической химии. — 2003. — № 58(11). — С.1208– 1213.
20. Wong A., Santos A.M., Cincotto F.H., Moraes F.C., Fatibello-Filho O., Soto-mayor M.D.P.T. A new electrochemical platform based on low cost nano-materials for sensitive detection of the amoxicillin antibiotic in different matrices. Talanta. 2020; 206: 120252. doi: 10.1016/j.talanta.2019.120252

21. *Алсовэйдс, А.* Методы и подходы для определения антибиотиков / А. Алсовэйдс, О.А. Караваяева, О. И. Гулий // Антибиотики и химиотерапия. — 2022. — №67: 1–2. — С. 53–61.
22. *Di, C.A.* Liquid chromatographic — mass spectrometric methods for analyzing antibiotic and antibacterial agents food products / Di C.A., Nazzari M. // J. Chromatogr. A. — 2002. — 974(1–2). — P. 53–89.
23. *Кирничная, В. К.* Контроль содержания антибиотиков в пищевых продуктах хроматографическими методами / В.К. Кирничная // Пищевая промышленность. — 2013. — №8. — С. 52–53.
24. *Краснова, Т. А.* Идентификация остаточных количеств антибиотиков в пищевых продуктах методом масс-спектрометрии / Т.А. Краснова, В.Г. Амелин // Пищевая промышленность. — 2013. — №1. — С. 24–26.
25. *Илларионова, Е. А.* Высокоэффективная жидкостная хроматография. Теоретические основы метода : учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. — Иркутск : ИГМУ, 2018 — 50 с.
26. *Жебентяев, А. И.* Иммуноферментный метод анализа / А. И. Жебентяев, Е. Н. Каткова // Вестник фармации. — 2013. — №2. — С. 90–97.
27. Клиническая лабораторная диагностика / Н.В. Свежова [и др.]. — Санкт-Петербург, 2008. — №1.
28. Wang, S., Xu B., Zhang Y., He J.X. Development of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of neomycin residues in pig muscle, chicken muscle, egg, fish, milk and kidney. Meat Sci. 2009; 82: 53–58. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.12.003. Epub 2008 Dec 14
29. *Буркин, М. А.* Методы санитарного контроля животноводческой продукции. Иммуноферментный анализ левомицетина / М.А. Буркин, Г.П. Кононенко, А.А. Буркин // Сельскохозяйственная биология. — 2012. — №4. — С. 113–119.
30. *Баранов, А. В.* Основы физики гибридных наноструктур [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Баранов. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014. — 125 с.
31. Инструкция по обработке результатов исследований с помощью программного обеспечения RIDA SOFT Win [Электронный ресурс]. — Владимир: ООО «НеоТест». — 21 с.

Информация об авторах

Сулковская Анастасия Александровна, инженер химик 2 категории Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: anastasiasulkovskaya@mail.ru

Почицкая Ирина Михайловна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник — руководитель научно-исследовательской группы Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Комарова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе и стандартизации РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: aleko-2006@tut.by

Information about the authors

Sulkovskaya Anastasia Alexandrovna, Chemical engineer of the 2nd category of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: anastasiasulkovskaya@mail.ru

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher — Head of the Research Group of the Republican Control and Testing Complex for the Quality and Safety of Food Products of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus)

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Komarova Natalia Viktorovna, PhD (Engineering), Deputy Director General for Scientific Work and Standardization of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: aleko-2006@tut.by