

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ СВЯЗАННЫХ С СЫРЬЕМ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Зайко Е.В., Батаева Д.С.*

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: мясо, риски, антибиотики, антибиотикорезистентность микроорганизмов

Аннотация

Только из качественного и безопасного сырья животного происхождения возможно производить продукцию, отвечающую требованиям Технических регламентов Таможенного Союза. Однако для этого необходимо идентифицировать риски, связанные с его использованием, с оценкой и указанием механизмов управления. При производстве мясной продукции, механизмы управления идентифицированными рисками, связанные с мясным сырьем, будут разными. Целью нашего исследования является идентификация наиболее важных факторов риска, связанных с мясом от разных видов животных, в т.ч. и птицы, которое используется в настоящее время на мясоперерабатывающих предприятиях. Акцент был сделан на мясе, предназначенном для производства сырокопченых колбас, т.к. эта продукция подвергается минимальным температурным воздействиям, соответственно при неблагоприятных условиях практически всегда сохраняет параметры исходного сырья (например, наличие антибиотиков, патогенных микроорганизмов). При идентификации химического фактора риска использовали скрининговый микробиологический метод на наличие антимикробных химиотерапевтических веществ. Для установления биологического фактора риска применяли классические микробиологические методы. Нами было установлено, что химический фактор риска (наличие антимикробных химиотерапевтических веществ) создает проблему биологического характера, т.е. приводит к возникновению антибиотикоустойчивых штаммов патогенов. Так, при исследовании говядины нами было установлено, что процент контаминированных антимикробными химиотерапевтическими веществами образцов составил 26,7%, свинины 35,3%, а мясо птицы — 42,9%. При этом в этих же образцах говядины отсутствовали *Salmonella* spp. и *L. monocytogenes*, однако *E. coli* были обнаружены и они демонстрировали свою устойчивость к действию антибиотиков. В свинине и в мясе птицы все искомые бактерии были обнаружены. Возможно, у данных видов животных и птицы, штаммы микроорганизмов обладают наибольшей антибактериальной резистентностью.

Review paper

IDENTIFICATION OF RISKS ASSOCIATED WITH RAW MATERIALS OF ANIMAL ORIGIN

Elena V. Zajko, Dagmara S. Bataeva*

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: meat, risks, antibacterial drugs, antibiotic resistance

Abstract

Products, that meet the requirements of Technical regulations of the Customs Union are possible to produce only from high-quality and safe raw materials of animal origin. However, it is necessary to identify the risks associated with its use, assessment and indication of management mechanisms. In the production of meat products, the mechanisms for managing the identified risks associated with meat raw materials will be different. The aim of our study is to identify the most important risk factors associated with meat from different species of animals, including poultry, currently used in meat processing plants. The emphasis was placed on the meat intended for the production of smoked sausages, as these products are subjected to minimal temperature effects, respectively, under adverse conditions, almost always retains the original parameters of the feedstock (for example, the presence of antibiotics, pathogens). The screening microbiological method for the presence of antimicrobial chemotherapeutic agents was used to identify the chemical risk factor. Classical microbiological methods were used to determine the biological risk factor. It was found that the chemical risk factor (the presence of antimicrobial chemotherapeutic agents) creates a biological problem, i.e. the emergence of antibiotic-resistant strains of pathogens. Thus, in the study of beef, we found that the percentage of samples contaminated with antimicrobial chemotherapeutic agents was 26.7%, pork – 35.3%, and poultry meat — 42.9%. At the same time, *Salmonella* spp. was absent in the same beef samples and the *monocytogenes*, however, have been found and they have demonstrated their resistance to antibiotics. In pork and poultry all bacteria were found. Perhaps, these species of animals and poultry, strains of microorganisms have the greatest antibacterial resistance.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Зайко Е.В., Батаева Д.С. Идентификация рисков связанных с сырьем животного происхождения. Теория и практика переработки мяса. 2018;3(4): 23–31. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-23-31

FOR CITATION: Zaiko E. V., Bataeva D. S. Identification of risks associated with raw materials of animal origin. Theory and practice of meat processing. 2018;3(4): 23–31. (In Russ.) DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-23-31

Введение

С целью предотвращения возникновения опасностей, связанных с употреблением пищевой продукции, необходимо разработать систему раннего их выявления. Для эффективности в этой системе необходимо установить приоритетные направления мониторинга безопасности пищевых продуктов, предпочтительно используя подход, основанный на оценке риска [1].

В мировой практике мясо рассматривается как продукт высокого риска, для которого характерны как биологические, так и химические риски. Поэтому входной производственный контроль мяса важен для производства безопасных продуктов питания и позволяет защитить общественное здоровье. В мясе «традиционно» контролируют и выявляют биологические факторы риска, например, наиболее опасные *Salmonella*, *Campylobacter* и *Escherchia coli* O157 [2], а химические, такие как антимикробные вещества, остаются пока менее оценёнными. Однако, остатки антимикробных веществ или их метаболитов могут присутствовать в пищевых продуктах и попадать в организм потребителя через продукты питания. Одним из самых неблагоприятных воздействий считается проявление аллергической реакции в организме человека на антибиотики [3]. Длительное воздействие или повторные экспозиции могут привести к нарушению микробиоты кишечника [4].

Помимо токсикологического эффекта на организм человека, использование антибиотиков может иметь последствия для развития антибиотикорезистентных штаммов среди его микрофлоры [5]. Поэтому был идентифицирован дополнительный риск, заключающийся в развитии резистентности к антибиотикам у микроорганизмов.

В новом докладе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечена проблема устойчивости микроорганизмов к противомикробным препаратам, включая антибиотики, на глобальном уровне [6].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) впервые опубликовала список устойчивых к действию антибиотиков «приоритетных патогенов» — 12 видов бактерий, представляющих наибольшую угрозу для здоровья человека. Представленные в списке бактерии разделены на три группы по уровню потребности в создании новых антибиотиков: крайне приоритетные, высокоприоритетные и среднеприоритетные.

К крайне приоритетной группе относятся бактерии с множественной лекарственной устойчивостью, которые представляют особенно серьезную опасность для пациентов больниц и лечебно-реабилитационных центров и пациентов, для лечения которых требуются медицинские устройства, такие как аппараты для искусственной вентиляции легких и венозные катетеры. В эту группу входят *Acinetobacter*, *Pseudomonas* и различные виды семейства *Enterobacteriaceae* (включая *Klebsiella*, *E.coli*, *Serratia* и *Proteus*). Они могут вы-

зывать тяжелые и часто смертельные инфекции, такие как инфекции кровотока и пневмонию [7]. У этих бактерий сформировалась устойчивость к действию широкого ряда антибиотиков, включая карбапенемы и цефалоспорины третьего поколения — наиболее эффективные из имеющихся антибиотиков для лечения бактериальных инфекций со множественной лекарственной устойчивостью.

Вторая и третья группы микроорганизмов в списке включают другие бактерии с растущей лекарственной устойчивостью, которые вызывают такие заболевания как гонорея [8] и пищевое отравление (сальмонелла).

Большинство из этих микроорганизмов присутствуют в мясе и продуктах его переработки, соответственно они могут передаваться потребителю через эту продукцию [9, 10].

Европейский союз (ЕС) уже запретил стимуляторы роста антибиотиков, такие как авокарцин, ардацин, цинка бацитрацин, виргиниамицин, тилозинфосфат, спирамицин, моненсин натрия, салиномицин натрия, авилимицин и флавофосфолипиль из-за добавления в корм для животных из-за того, что использование этих веществ может привести к возникновению антибиотикорезистентных штаммов бактерий [11]. Обеспокоенность потребителей заключается в том, что различные химические вещества могут быть обнаружены в пищевых продуктах. ЕС предпринял серьезные меры, введя требования к максимальному уровню остатков ветеринарных препаратов в продуктах животного происхождения, в т.ч. и в мясе и представлены как самим препаратом, так и его метаболитами [12]. В зависимости от природы химического вещества и его метаболитов они могут представлять токсикологическую, фармакологическую или микробиологическую опасность для потребителей [13].

Целью исследования является идентификация риска наличия антимикробных химиотерапевтических веществ в мясе разных видов животных, в т.ч. и птицы, которые используются в настоящее время на мясоперерабатывающих предприятиях.

Материалы и методы

Были исследованы образцы свинины, говядины и мяса птицы, отобранные непосредственно в мясных цехах по производству сырокопченых колбас. Они были протестированы качественным микробиологическим методом, основанным на подавлении роста тест-штамма химиотерапевтическими антимикробными веществами. В качестве тест-агара, для визуального определения наличия изучаемых веществ в образцах, использовали плотную питательную среду по Кундрату с индикатором бромкрезол пурпурным (производство «Биотермаль», Россия). Тест-штаблом являются споры *Bacillus stearothermophilus*, которые за счет своей ферментативной активности в условиях

термофильного культивирования и при отсутствии подавляющих их рост веществ, способны образовывать кислоту и обесцвечивать питательный агар. Изменение цвета питательной среды вокруг места локализации исследуемой аликвоты свидетельствует о наличии в мясе химиотерапевтических антимикробных веществ.

Процедура подготовки аликвоты из исследуемого образца мяса предусматривает измельчение навески массой 25,0 г в ножевом измельчителе, затем гомогенизацию в пакетах с 25,0 см³ физиологического раствора с помощью гомогенизатора (производства «AES», Франция). Экстрагирование проводили в термостате (производства «Binder», Германия) при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 90 мин периодически перемешивая. Супернатант получали путем центрифугирования полученной смеси при 3000 об/мин в течение 10 мин., который затем вносили параллельно в две лунки тест-агара в объеме 0,05 см³. Для эффективной диффузии пробы в питательный агар, чашки Петри с исследуемым материалом выдерживали при комнатной температуре в течение 30 мин, затем помещали в термостат (производства «Binder», Германия) при температуре $(65 \pm 1)^\circ\text{C}$ на $(3,5 \pm 0,5)$ ч.

Отсутствие роста тест-культуры вокруг лунки шириной от 2,0 мм и более, оценивали, как положительный результат, т. е. как наличие антибиотиков или других антимикробных химиотерапевтических веществ в анализируемой пробе. Однако, отсутствие роста тест-культуры вокруг лунки на ширине менее 2,0 мм, или наличие роста тест-культуры с изменением цвета среды с синего на желтый, оценивали, как отрицательный результат, т.е. как отсутствие антибиотиков или других антимикробных химиотерапевтических веществ в анализируемой пробе.

Образцы мяса, в которых были обнаружены антимикробные химиотерапевтические вещества исследовали на наличие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов: *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E. coli*. Для их выявления использовали классические микробиологические методы [14,15,16].

Результаты и обсуждение

Для выявления антимикробных химиотерапевтических веществ, были проведены исследования образцов мяса различных видов животных, в т.ч. и птицы на их наличие. Результаты представлены на Рис. 1.

Из данных Рис. 1, мы наблюдаем присутствие искомым веществ в мясе различных видов животных, а также птицы. На первом месте по количеству положительных проб с антимикробными химиотерапевтическими веществами было мясо птицы, на втором и третьем месте свинина и говядина, соответственно. При исследовании говядины доля контаминированных образцов составила 26,7%, свинины 35,3%, а в мясе птицы — 42,9%.

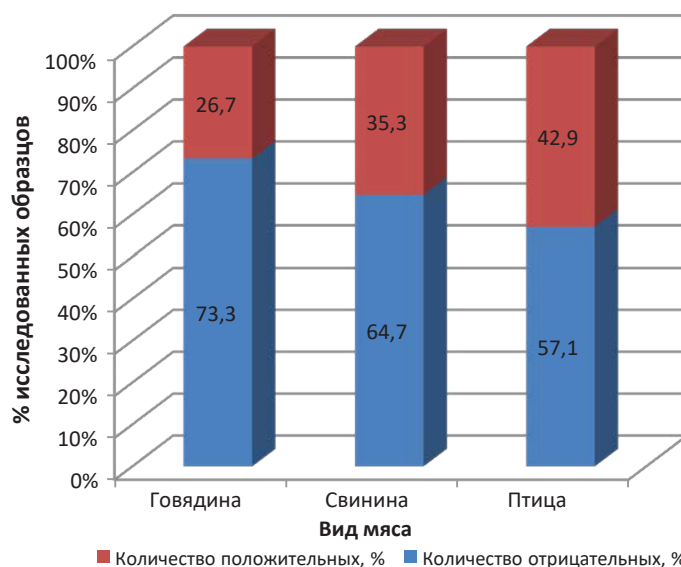


Рис. 1. Результаты исследования мяса КРС, свиней и птицы на наличие антимикробных химиотерапевтических веществ

Данные наших исследований по свинине сопоставимы с результатами полученными в 2017 году Hexing Wang с соавторами, которые выявили антибиотики в 35,3% из всех исследованных образцов свинины, однако в мясе птицы положительных случаев ими было обнаружено в 2 раза меньше и составило 22,2% [17].

Согласно Veemer и соавторам (2011) антибиотики в основном используются при выращивании свиней, телят и кур. Объекты, которые должны быть включены в мониторинг и идентифицированы как рискованные, — это продукты, которые показали большой процент контаминации остатками антимикробных веществ [18].

Таким образом, полученные нами данные позволят идентифицировать свинину и говядину, а также мясо птицы как рискованное сырье по наличию антимикробных веществ. Следовательно, должен быть постоянный мониторинг этого сырья на наличие остаточных количеств антибактериальных препаратов. Мониторинг мяса на наличие антимикробных химиотерапевтических веществ можно интерпретировать как оценку соответствия мер, принятых ранее в цепочке поставок.

Мы предполагали, что мясо с антибактериальными веществами должно быть свободно от микроорганизмов за счет подавления их роста этими веществами. Поэтому мы для доказательства своих предположений исследовали эти же пробы на наличие *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E.coli*.

Результаты исследования представлены на Рис. 2. В результате исследований установлено, что в говядине с антимикробными химиотерапевтическими веществами отсутствовали *Salmonella spp.* и *L. onocytogenes*, однако *E.coli* демонстрировала свою устойчивость к ним. Этот микроорганизм по литературным данным устойчив к цефалотину, ампициллину, цефотаксиму, нитрофурантоину, тетрациклину, гентамицину [19,20,21].

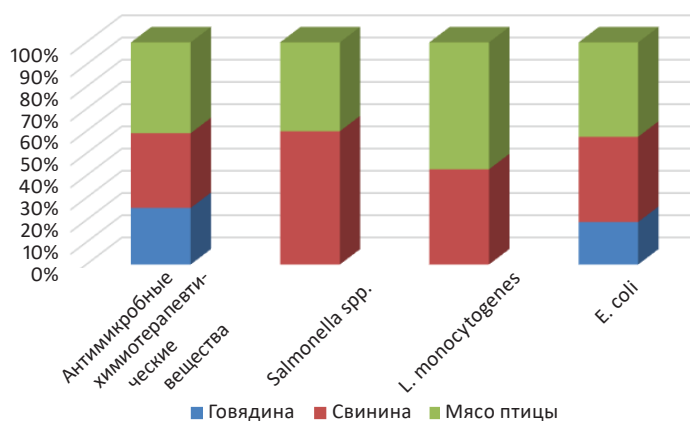


Рис. 2. Результаты исследования мяса КРС, свиней и птицы с антимикробными химиотерапевтическими веществами на наличие *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E.coli*

Однако, в свинине и в мясе птицы *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E.coli* были обнаружены. Возможно, среди данного вида животного и птицы курсируют штаммы с наибольшей антибиотикорезистентностью.

Согласно списку ВОЗ «Критически важные антибиотики для медицины человечества» 5 вариант 2016 года, представленные в Табл. 1 антибиотики, делятся на 3 группы: критически важные, высокой важности и важные.

Согласно данным исследований ученых к наиболее выявляемым антимикробным химиотерапевтическим веществам в мясе убойных животных и птицы относятся фторхинолоны, пенициллин, ампицилин, стрептомицин, хлорамфеникол, нитрофураны и антибиотики тетрациклиновой группы [17,22,23,24].

Как видно из представленных данных, наиболее выявляемые антибиотики в мясе животных и птицы входят в список ВОЗ как в группу важных антибиотиков, так и в группу очень важных и критически важных антибиотиков для медицины. Такое состояние проблемы будет в дальнейшем способствовать формированию и распространению антибиотикорезистентности среди патогенных микроорганизмов.

Таблица 1. Перечень критически важных антибиотиков для лечения людей

Класс антибиотиков	Пример лекарственного средства
КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ АНТИБИОТИКИ	
Aminoglycosides	gentamicin
Ansamycins	rifampicin
Carbapenems and other penems	meropenem
Cephalosporins (3,4 и 5 поколения)	ceftriaxonecefepime, ceftarolin e
Glycopeptides	vancomycin
Glycylcyclines	tigecycline
Lipopeptides	daptomycin
Macrolides and ketolides	erythromycin, telithromycin
Monobactams	aztreonam
Oxazolidinones	linezolid
Penicillins (natural, aminopenicillins, and antipseudomonal)	ampicillin
Phosphonic acid derivatives	fosfomycin
Polymyxins	colistin
Quinolones	ciprofloxacin
Drugs used solely to treat tuberculosis or other mycobacterial diseases	isoniazid
АНТИБИОТИКИ ВЫСОКОЙ ВАЖНОСТИ	
Amidinopenicillins	mecillinam
Amphenicols	chloramphenicol
Cephalosporins (1st and 2nd generation) and cephamycins	cefazolin
Lincosamides	clindamycin
Penicillins (anti-staphylococcal)	oxacillin
Pseudomonic acids	mupirocin
Riminofenazines	clofazimine
Steroid antibacterials	fusidic acid
Streptogramins,	quinupristin/dalfopristin
Sulfonamides dihydrofolate reductase inhibitors and combinations	sulfamethoxazole, trimethoprim
Sulfones	dapsone
Tetracyclines	chlortetracycline
ВАЖНЫЕ АНТИБИОТИКИ	
Aminocyclitols	spectinomycin
Cyclic polypeptides	bacitracin
Nitrofurantoin	nitrofurantoin
Nitroimidazoles	metronidazole
Pleuromutilins	retapamulin

Закключение

Таким образом, был идентифицирован риск, **связанный с сырьем животного происхождения**, по своей сути химический (наличие антимикробных химиотерапевтических веществ), но способствующий к проявлению биологического опасного фактора. Он заключается в появлении в естественной среде обитания (в нашем случае это животные и мясо, получаемое от них) «мясных» супербактерий с устойчивостью к современным лечебным антибиотикам. Одним из

путей управления может являться тотальный мониторинг мяса на этапе убой животных и первичной переработки мяса. Особую опасность представляет использование мяса с антибиотикорезистентными штаммами бактерий при производстве мясных продуктов, не предполагающих высокотемпературную обработку, например такие как, сырокопченые мясные изделия, т.к. некоторые устойчивые бактерии горизонтальным переносом передают другим, неустойчивым, гены антибиотикорезистентности.

Introduction

In order to prevent the emergence of hazards associated with the use of food products, it is necessary to develop a system of early detection. To be effective in this system, it is necessary to establish priority areas for food safety monitoring, preferably using a risk-based approach [1].

In world practice, meat is considered as a high-risk product, which is characterized by both biological and chemical risks. Therefore, meat input production control is important for the production of safe food and helps to protect public health. In meat, biological risk factors, such as the most dangerous *Salmonella*, *Campylobacter* and *Escherchia coli O157*, are «traditionally» controlled and identified [2], while chemicals, such as antimicrobials, remain less valued. However, residues of antimicrobial substances or their metabolites may be present in food and enter the consumer's body through food. Among the most adverse effects is considered to be the manifestation of an allergic reaction in the human body to antibiotics [3]. Prolonged exposure or repeated exposure may result in impaired gut microbiota [4].

In addition to the toxicological effect on the human body, the use of antibiotics may have consequences for the development of antibiotic-resistant strains among its microflora [5]. Therefore, an additional risk was identified, which is the development of antibiotic resistance in microorganisms.

In the new report of the World health organization (WHO) noted the problem of microbial resistance to antimicrobial agents, including antibiotics, at the global level [6].

The World health organization (WHO) has published for the first time a list of antibiotic — resistant «priority pathogens» — 12 species of bacteria that pose the greatest threat to human health. The bacteria presented in the list are divided into three groups according to the level of need for new antibiotics: extremely priority, high priority and medium priority.

To the high-priority group includes bacteria with multiple drug resistance, which represents a particularly serious threat to hospital patients and treatment and rehabilitation centers and patients for treatment that require medical devices, such as apparatus for artificial pulmonary ventilation and venous catheters. This group includes *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, and various species of the family *Enterobacteriaceae* (including *Klebsiella*, *E. coli*, *Serratia*,

and *Proteus*). They can cause severe and often fatal infections such as bloodstream infections and pneumonia [7]. These bacteria have developed resistance to a wide range of antibiotics, including carbapenems and third — generation cephalosporins, the most effective available antibiotics for the treatment of multidrug-resistant bacterial infections.

The second and third groups of microorganisms in the list include other bacteria with growing drug resistance that cause diseases such as gonorrhoea [8] and food poisoning (*Salmonella*).

Most of these microorganisms are present in meat and products of its processing, respectively and they can be transmitted to the consumer through these products [9, 10].

The European Union (EU) has banned growth stimulants, antibiotics, such as amoxicillin, anacin, zinc bacitracin, virginiamycin, trainfest, spiramycin, monensin sodium, salinomycin sodium, avilamycin and flavophospholipol for addition to the feed for animals due to the fact that the use of these substances can lead to the emergence of antibiotic-resistant strains of bacteria [11]. The concern of consumers is that different chemicals can be found in food. The EU has taken serious measures by introducing requirements to the maximum level of veterinary drug residues in animal products, including meat, and is represented both by the drug itself and its metabolites [12]. Depending on the nature of the chemical and its metabolites, they may present a toxicological, pharmacological or microbiological hazard to consumers [13].

The aim of the study is to identify the risk of antimicrobial chemotherapeutic agents in the meat of different species of animals, including poultry, currently used in meat processing plants.

Materials and methods

The samples of pork, beef and poultry, selected directly in the meat shops for the production of smoked sausages were investigated. They were tested by a qualitative microbiological method, based on inhibition of growth of the test strain by chemotherapeutic antimicrobial substances. As a test agar, for visual determination the presence of the studied substances in the samples, we used a dense nutrient medium by the Kundrat with the indicator bromkresol purple (production of «Biotermal», Russia). The test strain is *Bacillus stearothermophilus* spores, which due to

their enzymatic activity in the conditions of thermophilic cultivation and in the absence of substances that suppress their growth, are able to form acid and discolor the nutrient agar. The change in the color of the nutrient medium around the localization place of the investigated aliquot indicates the presence of chemotherapeutic antimicrobial substances in the meat.

The procedure for the preparation of aliquots from the test sample of meat involves grinding sample weight of 25.0 g in a knife grinder, then the homogenization in packages with 25.0 cm³ of saline using a homogenizer (production of «AES», France). Extraction was carried out in a thermostat (produced by Binder, Germany) with the temperature of (37 ± 1) °C during 90 minutes and periodically stirring. The supernatant was obtained by centrifuging the resulting mixture at 3000 rpm during 10 min., which was then introduced in parallel into two test agar wells in the volume 0.05 cm³. For effective diffusion of the sample into the nutrient agar, Petri dishes with the test material were kept at room temperature during 30 minutes, and then placed in a thermostat (produced by «Binder», Germany) at the temperature of (65 ± 1) °C at (3.5 ± 0.5) h.

The absence of growth of the test culture around the well width 2.0 mm or more was evaluated as a positive result, i.e. as the presence of antibiotics or other antimicrobial chemotherapeutic substances in the analyzed sample. However, the lack of growth of the test culture around the well at a width of less than 2.0 mm, or the presence of growth of the test culture with a change in the color of the medium from blue to yellow, was evaluated as a negative result, i.e., as the absence of antibiotics or other antimicrobial chemotherapeutic substances in the analyzed sample.

Meat samples, in which antimicrobial chemotherapeutic agents were found, were examined for the presence of pathogenic and opportunistic microorganisms: *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli*. Classical microbiological methods were used for their detection [14,15,16].

Results and discussion

For the detection of antimicrobial chemotherapeutic agents, studies were conducted of the samples of meat of various animal species, including poultry on their presence. The results are shown in Figure 1.

From the data of Figure 1, we observe the presence of the desired substances in the meat of different species of animals as well as poultry. In the first place in the number of positive samples with antimicrobial chemotherapeutic substances was poultry, in the second and third place pork and beef, respectively. In the study of beef, the proportion of contaminated samples was 26.7 %, pork — 35.3 %, and poultry meat — 42.9 %.

The data of our studies of pork are comparable with the results obtained in 2017 by Hexing Wang with co-authors, who identified antibiotics in 35.3% of all studied pork samples, but in poultry meat positive cases they were found 2 times less and amounted 22.2 % [17].

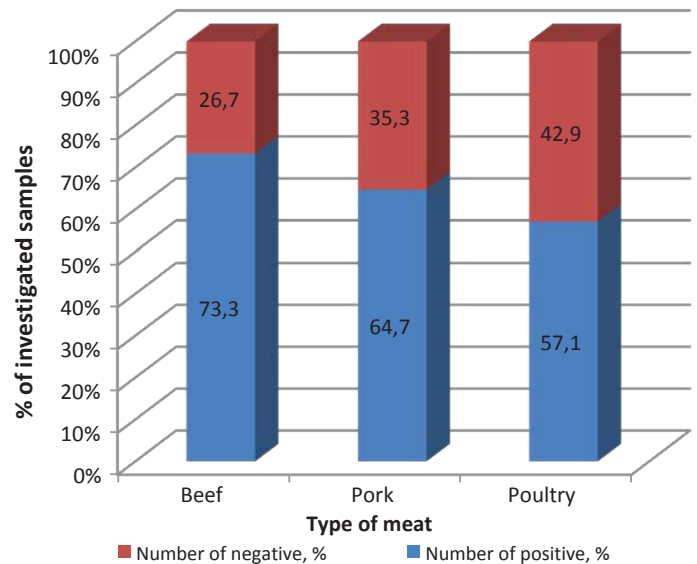


Figure 1. Results of the study of beef, pork and poultry meat for the presence of antimicrobial chemotherapeutic agents

According to Beemer and co-authors (2011) antibiotics are mainly used in the cultivation of pork, calves and chickens. The objects, that should be included in the monitoring and identified as risky, — are products that showed a large percentage of contamination with antimicrobial residues [18].

Thus, the data obtained by us will allow to identify pork and beef, and poultry meat as a risky raw material for the presence of antimicrobial substances. Therefore, there should be constant monitoring of this raw material for the presence of residual amounts of antibacterial drugs. Monitoring of meat for antimicrobial chemotherapeutic agents can be interpreted as an assessment of the compliance of measures taken earlier in the supply chain.

We assumed that meat with antibacterial substances should be free from microorganisms by suppressing their growth with these substances. That is why, we investigated the same samples for *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli* to prove our assumptions.

The results of the study are shown in Figure 2.

There was established in result of researches, that in beef with antimicrobial chemotherapeutic substances

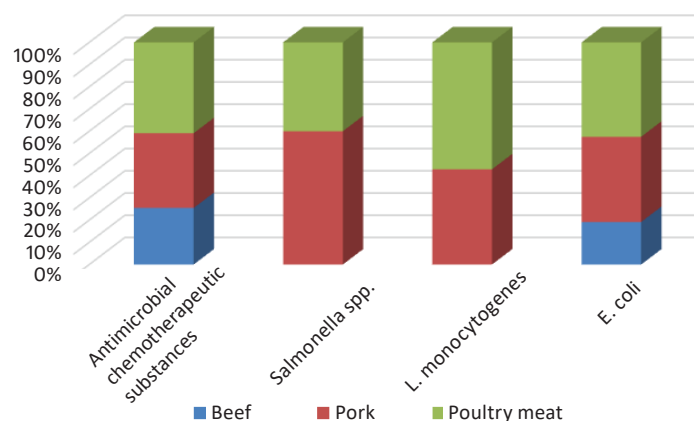


Figure 2. Study results of beef, pork and poultry meat with antimicrobial chemotherapeutic agents for the presence of *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli*

Table 1. List of critical antibiotics for human treatment

Class of antibiotics	Example of medicine
CRITICALLY IMPORTANT ANTIBIOTICS	
Aminoglycosides	gentamicin
Ansamycins	rifampicin
Carbapenems and other penems	meropenem
Cephalosporins (3,4 и 5 поколения)	ceftriaxonecefepime, ceftarolin e
Glycopeptides	vancomycin
Glycylcyclines	tigecycline
Lipopeptides	daptomycin
Macrolides and ketolides	erythromycin, telithromycin
Monobactams	aztreonam
Oxazolidinones	linezolid
Penicillins (natural, aminopenicillins, and antipseudomonal)	ampicillin
Phosphonic acid derivatives	fosfomycin
Polymyxins	colistin
Quinolones	ciprofloxacin
Drugs used solely to treat tuberculosis or other mycobacterial diseases	isoniazid
ANTIBIOTICS OF HIGH IMPORTANCE	
Amidinopenicillins	mecillinam
Amphenicols	chloramphenicol
Cephalosporins (1st and 2nd generation) and cephamycins	cefazolin
Lincosamides	clindamycin
Penicillins (anti-staphylococcal)	oxacillin
Pseudomonic acids	mupirocin
Riminofenazines	clofazimine
Steroid antibacterials	fusidic acid
Streptogramins,	quinupristin/dalfopristin
Sulfonamides dihydrofolate reductase inhibitors and combinations	sulfamethoxazole, trimethoprim
Sulfones	dapsone
Tetracyclines	chlortetracycline
IMPORTANT ANTIBIOTICS	
Aminocyclitols	spectinomycin
Cyclic polypeptides	bacitracin
Nitrofurantoin	nitrofurantoin
Nitroimidazoles	metronidazole
Pleuromutilins	retapamulin

there were no *Salmonella spp.* and *L. monocytogenes*, however, *E. coli* have demonstrated their resistance to them. According to literature data, this microorganism is resistant to cephalotin, ampicillin, cefotaxime, nitrofurantoin, tetracycline, gentamicin [19,20,21].

However, in pork and poultry meat *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli* was detected. Perhaps among this species of animal and poultry strains with the greatest antibiotic resistance.

According to the WHO list «Critical antibiotics for human medicine» version 5 of 2016 presented in the Table. 1 antibiotics are divided into 3 groups: critical, high importance and important.

According to research of the scientists, the most antimicrobial chemotherapeutic substances in the meat of slaughtered animals and poultry are fluoroquinolones, penicillin, ampicillin, streptomycin, chloramphenicol, nitrofurans and antibiotics of the tetracycline group [17,22,23,24].

As can be seen from the data presented, the most detectable antibiotics in animal and poultry meat are included in the WHO list of both the group of important antibiotics and the group of high important and critical antibiotics for medicine. This state of the problem will further contribute to the formation and spread of antibiotic resistance among pathogens.

Conclusion

Thus, the risk associated with raw materials of animal origin, inherently chemical (the presence of antimicrobial chemotherapeutic substances), but contributing to the manifestation of biological hazards was identified. It consists in the appearance in the natural habitat (in our case, animals and meat derived from them) of «meat» super-bacteria with resistance to modern therapeutic antibiotics. One of the way of management can be total monitoring of meat at the stage of slaughter of animals and primary processing of meat. Particular danger is the use of meat with

antibiotic-resistant strains of bacteria in the production of meat products that do not involve high-temperature processing, for example, such as raw smoked meat products,

because some resistant bacteria transfer to other horizontal, unstable, antibiotic resistance genes.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stärk, K.D.C., Regula, G., Hernandez, J., Fuchs, K., Morris, R.S., Davies, P. (2006). Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Services Research*, 6(20)
2. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Saponins in *Madhuca Longifolia L.* as undesirable substances in animal feed. (2009). *The EFSA Journal*, 979, 1–36.
3. Strzępa, A., Lobo, F.M., Majewska-Szczepanik, M., Szczepanik, M. (2018). Antibiotics and autoimmune and allergy diseases: Causative factor or treatment? *International Immunopharmacology*, 65, 328–341.
4. Berends, B.R., Van Knapen, F., Snijders, J.M.A. (2001). Veterinary public health: human health hazards associated with the administration of antimicrobials to slaughter animals. *Veterinary Quarterly*, 23(1), 2–10.
5. Gould, I.M., MacKenzie, F.M. (2002). Antibiotic exposure as a risk factor for emergence of resistance: The influence of concentration. *Journal of Applied Microbiology. Symposium Supplement*, 92(1) 78S–84S.
6. Monitoring global progress on antimicrobial resistance. (2018). [Electronic resource: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA0486EN/>. Accessed: 05.09.2018].
7. Юшина, Ю.К., Батаева, Д.С., Соколова, О.В. (2017). Микробные загрязнители мяса: что нового? *Все о мясе*, 4, 37–39.
8. Lin, Y.-H., Huang, H.-C., Hung, C.-H., Lu, Y.-C., Jiang, B.-J., Chou, Y.-W., Lee, S.-H., Liao, C.-H. (2016). Increased incidences of multidrug-resistant gonorrhoea in Taiwanese men: Experiences from a single institute. *Urological Science*, 27(2), 86–90.
9. Abat, C., Rolain, J.-M., Colson, P. (2018). Investigations by the Institut Hospitalo-Universitaire Méditerranée Infection of food and food-borne infections in the Mediterranean Basin and in sub-Saharan Africa. *New Microbes and New Infections*, 26(1), S37-S42.
10. Gómez, D., Azón, E., Marco, N., Carramiñana, J.J., Rota, C., Ariño, A., Yangüela, J. (2014). Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from meat products and meat-processing environment. *Food Microbiology*, 42, 61–65.
11. Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R. (1999). Current situation and future perspectives of the use of antibiotics as growth promoters. In : Brufau J. (ed.), Tacon A. (ed.). *Feed manufacturing in the Mediterranean region: Recent advances in research and technology*. Zaragoza : CIHEAM, 65–76. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 37). 2. *Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean*, 1998/03/25–27, Reus (Spain) [Electronic resource: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c37/99600007.pdf>. Accessed: 10.09.2018].
12. Батаева Д.С., Зайко Е.В. (2016). Риски, связанные с наличием в мясе и в продуктах убоя животных остаточных количеств антимикробных препаратов. *Теория и практика переработки мяса*, 1(3), 4–13.
13. Nauta, M.J., Andersen, R., Pilegaard, K., Pires, S.M., Ravn-Haren, G., Tetens, I., Poulsen, M. (2018). Meeting the challenges in the development of risk-benefit assessment of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 76, 90–100.
14. ГОСТ 31659–2012 (ISO 6579:2002) «Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. Продукты пищевые». М, Стандартинформ. –2012. – 20 с.
15. ГОСТ 32031–2012 (ISO 6579:2002) «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*». Москва, Стандартинформ. –2012. –26 с.
16. ГОСТ 30726–2001 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий вида *Escherichia coli*». Москва: Стандартинформ. –2001. –110 с.
17. Wang, H., Ren, L., Yu, X., Chen, Y., He, G., Jiang, Q. (2017). Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. *Food control*, 80, 217–255.
18. van Asselt, E.D., van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., Pikke-maat, M.G., van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Risk ranking of chemical hazards in food – A case study on antibiotics in the Netherlands. *Food research international*, 54(2), 1636–1642.
19. Fang, J., Shen, Y., Qu, D., Han, J. (2019). Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang, China. *Food control*, 95: 215–222.
20. Martínez-Vázquez, A.V., Rivera-Sánchez, G., Lira-Méndez, K., Reyes-López, M.A., Bocanegra-García, V. (2018). Prevalence, antimicrobial resistance and virulence genes of *Escherichia coli* isolated from retail meat in Tamaulipas, Mexico. *Journal of global antimicrobial resistance*, 14, 266–272.
21. Ojdana, D., Sienko, A., Sacha, P., Majewski, P., Wiczorek, P., Wiczorek, A., Tryniszewska, E. (2018). Genetic basis of enzymatic resistance of *E. coli* to aminoglycosides. *Advances in Medical Sciences*, 63(1), 9–13.
22. Татарникова, О. Г, Мауль, О.Г. (2014). Антибиотики в пищевых продуктах. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5(49), 208–211.
23. Заугольникова, М.А., Вистовская, В.П. (2016). Изучение контаминации животноводческой продукции остаточными количествами антибиотиков. *Acta Biologica Sibirica*, 2(3), 9–20.
24. Закревский, В.В., Лелеко, С.Н. (2013). Загрязненность мясного сырья нитрофуранами один из индикаторов небезопасности пищевой продукции для потребителей. *Труды VIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения»*, 8(1), 381–388.

REFERENCES

1. Stärk, K.D.C., Regula, G., Hernandez, J., Fuchs, K., Morris, R.S., Davies, P. (2006). Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Services Research*, 6(20)
2. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Saponins in *Madhuca Longifolia L.* as undesirable substances in animal feed. (2009). *The EFSA Journal*, 979, 1–36.
3. Strzępa, A., Lobo, F.M., Majewska-Szczepanik, M., Szczepanik, M. (2018). Antibiotics and autoimmune and allergy diseases: Causative factor or treatment? *International Immunopharmacology*, 65, 328–341.
4. Berends, B.R., Van Knapen, F., Snijders, J.M.A. (2001). Veterinary public health: human health hazards associated with the administration of antimicrobials to slaughter animals. *Veterinary Quarterly*, 23(1), 2–10.
5. Gould, I.M., MacKenzie, F.M. (2002). Antibiotic exposure as a risk factor for emergence of resistance: The influence of concentration. *Journal of Applied Microbiology. Symposium Supplement*, 92(1) 78S–84S.
6. Monitoring global progress on antimicrobial resistance. (2018). [Electronic resource: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA0486EN/>. Accessed: 05.09.2018].
7. Yushina, Y.K., Bataeva, D.S., Sokolova, O.V. (2017). Microbial meat contaminants: what's new? *Vsyo o myase*, 4, 37–39. (In Russian)
8. Lin, Y.-H., Huang, H.-C., Hung, C.-H., Lu, Y.-C., Jiang, B.-J., Chou, Y.-W., Lee, S.-H., Liao, C.-H. (2016). Increased incidences of multidrug-resistant gonorrhoea in Taiwanese men: Experiences from a single institute. *Urological Science*, 27(2), 86–90.
9. Abat, C., Rolain, J.-M., Colson, P. (2018). Investigations by the Institut Hospitalo-Universitaire Méditerranée Infection of food and food-borne infections in the Mediterranean Basin and in sub-Saharan Africa. *New Microbes and New Infections*, 26(1), S37-S42
10. Gómez, D., Azón, E., Marco, N., Carramiñana, J.J., Rota, C., Ariño, A., Yangüela, J. (2014). Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from meat products and meat-processing environment. *Food Microbiology*, 42, 61–65.
11. Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R. (1999). Current situation and future perspectives of the use of antibiotics as growth

promoters. In : Brufau J. (ed.), Tacon A. (ed.). Feed manufacturing in the Mediterranean region: Recent advances in research and technology. Zaragoza : CIHEAM, 65–76. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 37). 2. *Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean*, 1998/03/25–27, Reus (Spain) [Electronic resource: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c37/99600007.pdf>. Accessed: 10.09.2018].

12. Bataeva, D.S., Zaiko, E.V. (2016). Risks associated with the presence of antimicrobial drug residues in meat products and products of animal slaughter. *Theory and practice of meat processing*, 1(3), 4–13. (In Russian)

13. Nauta, M.J., Andersen, R., Pilegaard, K., Pires, S.M., Ravn-Haren, G., Tetens, I., Poulsen, M. (2018). Meeting the challenges in the development of risk-benefit assessment of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 76, 90–100.

14. GOST 31659–2012 (ISO 6579:2002) «Food products. Method for the detection of *Salmonella* spp». Moscow: Standardinform. — 2012. — 20 p. (in Russian)

15. GOST 32031–2012 (ISO 6579:2002) «Food products. Methods for detection of *Listeria monocytogenes*». Moscow: Standardinform. — 2012. — 26 p. (in Russian)

16. GOST 30726–2001 «Food-stuffs. Methods for detection and determination of *Escherichia coli*». Moscow: Standardinform.— 2001. — 110 p. (in Russian)

17. Wang, H., Ren, L., Yu, X., Chen, Y., He, G., Jiang, Q. (2017). Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. *Food control*, 80, 217–255.

18. van Asselt, E.D., van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., Pikke-maat, M.G., van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Risk ranking of chemi-

cal hazards in food — A case study on antibiotics in the Netherlands. *Food research international*, 54(2), 1636–1642.

19. Fang, J., Shen, Y., Qu, D., Han, J. (2019). Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang, China. *Food control*, 95: 215–222.

20. Martínez-Vázquez, A.V., Rivera-Sánchez, G., Lira-Méndez, K., Reyes-López, M.Á., Bocanegra-García, V. (2018). Prevalence, antimicrobial resistance and virulence genes of *Escherichia coli* isolated from retail meat in Tamaulipas, Mexico. *Journal of global antimicrobial resistance*, 14, 266–272.

21. Ojdana, D., Sieńko, A., Sacha, P., Majewski, P., Wiczorek, P., Wiczorek, A., Tryniszewska, E. (2018). Genetic basis of enzymatic resistance of *E. coli* to aminoglycosides. *Advances in Medical Sciences*, 63(1), 9–13.

22. Tatarsnikova, N. A., Maul, O. G. (2014). Antibiotics in food-stuffs. *Journal of Orenburg State Agrarian University*, 5(49), 208–211. (In Russian)

23. Zaugolnikova, M.A., Vistovskaya, V.P. (2016). Contamination of animal products by residual quantity of antibiotics. *Acta Biologica Sibirica*, 2(3), 9–20. (In Russian)

24. Zakrevskiy, V.V., Leleko, S.N. (2013). Contamination of raw meat nitrofurans — one of the indicators unsafe food products to consumers. *Proceedings of the Conference VIII annual all-russian research and practical conference with international participation «Health — the base of human potential: problems and ways to solve them»*, 8(1), 381–388. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Зайко Елена Викторовна — младший научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиологии», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
Адрес: 109316 г. Москва, ул. Талалихина 26,
Тел.: +7-495-676-60-11
E-mail: e.zaiko@fncps.ru

Батаева Дагмара Султановна — кандидат технических наук, доцент, руководитель направления микробиологии, ведущий научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиология», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: +7-495-676-60-11
E-mail: d.bataeva@fncps.ru
*автор для переписки

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.
Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.
Зайко Е.В. отбирала объекты исследования, выполняла микробиологический анализ, анализировала полученные данные, выполняла описательную часть статьи и корректировала после подачи в редакцию.
Батаева Д.С. разрабатывала научно-методические подходы к проведению работ, определяла объем исследований, анализировала полученные данные, выполняла описательную часть статьи и корректировала после подачи в редакцию
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 23.09.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Elena V. Zaiko — senior research technician of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology», V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: +7-495-676-60-11
E-mail: e.zaiko@fncps.ru

Dagmara S. Bataeva — candidate of technical sciences, docent, Head of the Direction of Microbiology, leading scientific worker of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology» V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: +7-495-676-60-11
E-mail: d.bataeva@fncps.ru
*corresponding author

Contribution

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
Elena V. Zaiko selected research objects, carried out microbiological analysis, analyzed the data obtained and corrected it after submitting to the editorial office.
Dagmara S. Bataeva developed scientific and methodological approaches to work, determined the scope of research, analyzed the data obtained, performed the narrative and corrected it after submitting to the editorial office.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 23.09.2018