

Микробиологическая порча пищевых продуктов и перспективные направления борьбы с этим явлением

З.М.Ермоленко, Н.К.Фурсова

ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора,
п. Оболенск, Московская область, Российская Федерация

Одной из важных экономических и производственных проблем, с которыми сталкивается человечество в современном мире, является проблема сохранности качества продуктов питания, которые могут быть подвержены воздействию разнообразных микроорганизмов – бактерий, дрожжей и плесневых грибов. Ежегодно миллионы людей во всем мире заболевают инфекциями, вызванными потреблением некачественных продуктов питания. Особую опасность при этом представляют патогенные микроорганизмы, попадание которых в организм человека может вызвать серьезные заболевания. По данным ВОЗ, от пищевых инфекций в год погибают 2,2 млн человек. Мировые экономические потери из-за этого фактора составляют более 30% от общих потерь. В данном обзоре представлены сведения об особенностях микробиологической порчи различных пищевых продуктов и перспективных подходах борьбы с этим явлением.
Ключевые слова: пищевые продукты, микробиологическая порча, бактериоцины, бактериофаги, эфирные масла

Для цитирования: Ермоленко З.М., Фурсова Н.К. Микробиологическая порча пищевых продуктов и перспективные направления борьбы с этим явлением. Бактериология. 2018; 3(3): 46–57. DOI: 10.20953/2500-1027-2018-3-46-57

Microbiological spoilage of food and promising approaches to combat the phenomenon

Z.M.Ermolenko, N.K.Fursova

State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology, Obolensk, Moscow region, Russian Federation

A most important economic and production problem the mankind faces in the modern world is to maintain food quality which may be affected by a variety of microorganisms including bacteria, yeast and fungi. Every year millions of people all over the world develop infections induced by consumption of substandard food products. Pathogenic microorganisms whose entering the human body may induce severe diseases are particularly dangerous. According to the WHO foodborne infections annually kill 2.2 million people, and global economic losses make up over 30% of the total losses. This review presents specific features of microbiological spoilage of various food products as well as suggests promising approaches to combat the challenge.
Keywords: food products, microbiological spoilage, bacteriocins, bacteriophages, essential oils

For citation: Ermolenko Z.M., Fursova N.K. Microbiological spoilage of food and promising approaches to combat the phenomenon. Bacteriology. 2018; 3(3): 46–57. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2018-3-46-57

Проблема сохранности качества продуктов питания – одна из важных экономических и производственных проблем, с которыми сталкивается человечество в современном мире. Пищевые продукты являются богатой средой для развития микроорганизмов, при размножении которых в этой среде может произойти накопление вредных для человеческого организма веществ – метаболитов микробных клеток. Это явление называют микробиологической порчей пищевых продуктов, которая в большинстве случаев

является необратимым процессом, приводящим к невозможности использования по назначению испорченных продуктов питания. Микробиологическая порча пищевых продуктов в мире является значимой экономической проблемой и проблемой здравоохранения. По данным ВОЗ, в мире в 2010 г. зарегистрировано 582 млн случаев пищевых инфекций, среди которых 38% – у детей в возрасте до 5 лет; смертность составила 1,09 млн человек, в том числе 34% – детей в возрасте до 5 лет [1].

Для корреспонденции:

Фурсова Надежда Константиновна, ведущий научный сотрудник лаборатории антимикробных препаратов отдела молекулярной микробиологии ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Адрес: 142279, Московская область, Серпуховский район, п. Оболенск, ФБУН ГНЦ ПМБ
Телефон: (4967) 36-0079
E-mail: fursova@obolensk.org

Статья поступила 27.06.2018 г., принята к печати 29.10.2018 г.

For correspondence:

Nadezhda K. Fursova, leading researcher of Antimicrobial Agents Laboratory, Molecular Microbiology Department, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology

Address: 142279, Moscow region, Serpukhov district, Obolensk, SRCAMB
Phone: (4967) 36-0079
E-mail: fursova@obolensk.org

The article was received 27.06.2018, accepted for publication 29.10.2018

В условиях современной высококонкурентной мировой экономики одной из основных задач, стоящих перед пищевой промышленностью, является обеспечение безопасности пищевых продуктов. Страны-импортеры и экспортеры продовольствия объединяют свои усилия с целью снижения микробиологических рисков. В августе 2012 г. Российская Федерация вступила во Всемирную торговую организацию (ВТО), в соответствии с требованиями которой в настоящее время в нашей стране в пищевой промышленности применяется система качества ХАССП (*Hazard Analysis and Critical Control Point, HACCP*) [2–5]. Постановлением Правительства РФ №1364-р от 29.06.2016 г. утверждена «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г.», которая ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышения качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества [6].

Общий экономический ущерб из-за порчи пищевых продуктов точно неизвестен. По некоторым оценкам, из-за деятельности микроорганизмов теряется четверть всей мировой пищевой продукции, в том числе 10% произведенных зерновых и бобовых культур и около 50% овощей и фруктов [7].

Спектр микроорганизмов, которые могут быть причиной порчи продуктов питания, очень широк. Дрожжевые и плесневые грибы, несмотря на то, что их рост происходит медленнее, чем рост бактерий, также могут быть причиной микробиологической порчи продуктов питания, благодаря их способности утилизировать самые разные субстраты и выживать в гораздо более жестких условиях, чем вегетативные формы бактерий [8].

К продуктам, наиболее часто связанным с возникновением вспышек пищевых отравлений, относятся говядина и домашняя птица, яйца и яичные продукты, смешанные продукты, рыба и рыбная продукция [9]. Кроме того, в последнее десятилетие популяризация здорового образа жизни привела к увеличению потребления сырых фруктов и овощей в развитых странах и, одновременно с этим, числа вспышек пищевых инфекций, связанных с потреблением этих продуктов [10].

Особенности микробиологической порчи основных типов пищевых продуктов

Мясо и мясопродукты

Мясные продукты чрезвычайно уязвимы для микробиологической порчи, так как они богаты питательными веществами, их поверхности подвержены быстрой колонизации и размножению бактерий. Эндогенный путь микробного обсеменения мяса связан с общим состоянием животного, поступившего на бойню. Мясо здорового животного может быть обсеменено бактериями – постоянными обитателями его желудочно-кишечного тракта; в случае болезни или травмы животного может иметь место инфицирование тела животного патогенными микроорганизмами (например, сальмонеллами, золотистым стафилококком, возбудителями туберкулеза, бруцеллеза и др.). Экзогенный путь микробного обсеменения мяса связан с этапами разделки туши, транспортировкой, условиями хранения, технологией получения мясопродуктов и санитарным состоянием предприя-

тия. Например, при проверке предприятий в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области из продуктов птицеводства были выделены возбудители колибактериоза, стрептококкоза, стафилококкоза, сальмонеллеза, пастереллеза и аспергиллеза [11–13].

Обсеменение мясных продуктов микроорганизмами может происходить на разных технологических стадиях обработки и хранения. В температурном диапазоне от –1 до +25°C и аэробных условиях быстрее всего поверхность мясосопродуктов колонизируется грамотрицательными бактериями рода *Pseudomonas*, включая виды *P. fluorescens*, *P. lundensis*, *P. putida* и *P. fragi*. В условиях аэробного холодного хранения порча мясных продуктов может быть вызвана бактериями родов *Moraxella*, *Psychrobacter* и *Acinetobacter*. В анаэробных условиях хранения (в вакуумной упаковке) мясо может подвергнуться порче при размножении грамположительных бактерий, таких как микрококки и молочнокислые бактерии [14]. В таблице 1 представлены роды бактерий, чаще всего обнаруживаемые в мясных продуктах и вызывающие их порчу.

Порча мясных продуктов может проявляться в виде ослизнения, гниения, кислого брожения, пигментации и плес-

Таблица 1. Представленность грамположительных и грамотрицательных бактерий в мясных продуктах [14]

Род	Мясо крупного рогатого скота	Мясо птицы
Грамотрицательные бактерии		
<i>Acinetobacter</i>	xx	xx
<i>Aeromonas</i>	xx	x
<i>Alcaligenes</i>	x	x
<i>Campylobacter</i>	–	xx
<i>Citrobacter</i>	x	x
<i>Enterobacter</i>	x	x
<i>Escherichia</i>	x	x
<i>Flavobacterium</i>	x	x
<i>Hafnia</i>	x	–
<i>Moraxella</i>	xx	x
<i>Pantoea</i>	x	x
<i>Proteus</i>	x	x
<i>Pseudomonas</i>	xx	xx
<i>Psychrobacter</i>	xx	x
<i>Salmonella</i>	x	x
<i>Serratia</i>	x	x
<i>Shewanella</i>	x	–
<i>Yersinia</i>	x	–
Грамположительные бактерии		
<i>Bacillus</i>	x	x
<i>Brochothrix</i>	x	x
<i>Carnobacterium</i>	x	–
<i>Clostridium</i>	x	x
<i>Corynebacterium</i>	x	xx
<i>Enterococcus</i>	xx	x
<i>Kocuria</i>	x	x
<i>Kurthia</i>	x	–
<i>Lactococcus</i>	x	–
<i>Lactobacillus</i>	x	–
<i>Leuconostoc</i>	x	–
<i>Listeria</i>	x	xx
<i>Microbacterium</i>	x	x
<i>Micrococcus</i>	x	x
<i>Paenibacillus</i>	x	x
<i>Pediococcus</i>	x	–
<i>Staphylococcus</i>	x	x
<i>Vagococcus</i>	–	xx
<i>Weissella</i>	x	–

«xx» – выявляются чаще всего; «x» – могут встречаться; «–» – не встречаются.

невения. Ослизнение может быть вызвано в основном бактериями рода *Pseudomonas*, обладающими высокой ферментативной активностью, способными утилизировать глюкозу при разных, в том числе низких, температурах [11, 14]. Гниение мяса – следующий этап порчи мяса после его ослизнения – может быть вызвано как аэробными микроорганизмами, так и факультативно или облигатно анаэробными. При температурах, близких к 0°C, возбудителями гниения в основном являются психрофильные бактерии рода *Pseudomonas*; при более высоких температурах хранения мезофильные гнилостные бактерии: протеи, спорообразующие бациллы, клостридии [11, 12]. Кислое брожение развивается обычно в субпродуктах, богатых гликогеном (печень, сердце), оно обусловлено психротропными грамположительными бактериями и дрожжами. Пигментация появляется при накоплении в мясных продуктах пигментообразующих аэробных бактерий, таких как *Pseudomonas prodigiosum* (красный пигмент), *Pseudomonas aeruginosa* (синий пигмент), *Pseudomonas fluorescens* (зеленый пигмент). Плесени при относительно низкой температуре хранения мяса (от –5 до –10°C) вызывают в мясных продуктах распад белков и жиров, повышение щелочности среды; при этом создаются благоприятные условия для последующего размножения гнилостных бактерий [11].

Для увеличения срока годности мясных продуктов применяют вакуумную упаковку, которая более эффективна при использовании газовых смесей разных составов. Однако некоторые микроорганизмы способны выживать и в этих условиях и вызывать порчу продуктов. Описаны случаи выделения из упакованных продуктов бактерий родов *Shigella*, *Salmonella*, *Escherichia*, *Yersinia* и *Pasterella*, а также дрожжеподобных грибов родов *Debaryomyces*, *Yarrowia*, *Rhodotorula* и *Candida* [7, 13, 15–18]. Большую опасность представляют грамположительные бактерии, обнаруживаемые в испорченных мясных продуктах, которые вызывают тяжелые токсикоинфекции с множеством летальных исходов: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus gallinarum*, *Clostridium perfringens*, а также не имеющие клеточной стенки бактерии рода *Mycoplasma* [19, 20].

Яйца и яйцепродукты

Содержимое свежих яиц, полученных от здоровых птиц, в идеале является стерильным, что обеспечивается присутствием в яичном белке многих функционально важных мажорных белков: овальбумина (54%), овотрансферрина (12%), овомукоида (11%), овоглобулинов (G2 и G3, 8%), овомуцина (3,5%) и лизоцима (3,5%), а также минорных белков: овоингибитора, овомакроглобулина, овогликопротеина, овофлавопротеина, тиаминсвязывающих белков и авидина. Показано, что эти белки обеспечивают антиоксидантные, антимикробные, антагонистические, антивирусные, противоопухолевые и другие свойства яичного белка [21].

Яйца птицы могут быть обсеменены микроорганизмами либо эндогенным путем, либо экзогенным. Эндогенное заражение яиц происходит при их формировании в яичнике и яйцевоме большой птицы при сальмонеллезе, орнитозе, туберкулезе и других заболеваниях, а также при скрытой форме инфекционного заболевания или при бактерионосительстве. Доля инфицированных яиц, получаемых от птиц-бактерионосителей, составляет от 10 до 95%. Исследование

кишечной микрофлоры куриных эмбрионов показало, что, наряду с бактериями нормофлоры (представителями семейств *Enterobacteriaceae*, *Moraxellaceae*, *Bifidobacteriaceae* и *Lachnospiraceae*), в ней могут присутствовать и патогенные бактерии (родов *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Klebsiella* и *Rickettsi*) [22, 23]. Наиболее опасными для человека возбудителями инфекций, связанных с употреблением зараженных яиц промышленной птицы или контаминированных высушенных яйцепродуктов, являются сальмонеллы, кокки, протеи, псевдомонады, микобактерии туберкулеза и др. [7, 24].

Сальмонеллез является наиболее актуальной пищевой инфекцией, сильно влияющей на здоровье человека. По оценкам, ежегодно в мире регистрируется 93,8 млн случаев не тифоидного сальмонеллеза, 155 тыс. из которых заканчиваются смертью [25]. В Европе в последние годы сальмонеллез был второй по значимости зоонозной инфекцией (20,4 случаев на 100 тыс. населения в 2013 г.) и наиболее частой причиной вспышек пищевой инфекции, несмотря на тенденцию к снижению заболеваемости в результате деятельности по программам контроля этого возбудителя [26].

Экзогенное обсеменение яиц микроорганизмами происходит при их сборе, хранении и транспортировке – в результате проникновения микроорганизмов, в том числе патогенных, через поры скорлупы и подскорлупные оболочки. Проникшие внутрь яйца гнилостные бактерии, плесневые грибы или актиномицеты размножаются на богатой питательной среде, метаболизируют его содержимое; яичный белок при этом разжижается, становится мутным, появляется неприятный запах сероводорода [27, 28]. Для продления активности собственных защитных свойств яиц промышленной птицы и для предотвращения их эндогенной контаминации микроорганизмами яйца хранят при температуре 0–2°C и относительной влажности воздуха 85%, а также используют дезинфицирующую обработку парами формальдегида, йода и хлора.

Молочные продукты

В молоке могут содержаться микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы и простейшие), как условно полезные для человека, так и патогенные, способные вызвать порчу данного вида продукта. За период времени с 1917 г. по настоящее время, благодаря совершенствованию методов детекции и идентификации, значительно расширились знания о видовом разнообразии микроорганизмов, присутствующих в молоке и молочных продуктах. В последнее десятилетие разработан новый аналитический подход на основе технологии MALDI-TOF-MS, который, в сочетании с хемометрикой, позволяет обнаруживать и определять количественно бактерии, содержащиеся в молоке [29].

Молоко – прекрасная среда для размножения микроорганизмов. Обычно источником микробной контаминации сырого молока являются экскременты животных на ферме. На степень загрязненности сырого молока больше всего влияют качество кормов животных и санитарно-гигиенические условия при дойке коров. По санитарно-гигиеническим нормативам, в сыром молоке допускается присутствие культивируемых бактерий-мезофилов (аэробов и факультативных анаэробов) не более 1×10^5 КОЕ/мл. Микрофлора сырого молока представлена, как правило, не только мезофиль-

ными организмами (*Lactococcus lactis* и другие молочнокислые бактерии), но также психрофильными бактериями родов *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, а также дрожжами [30]. Кроме того, как из сырого молока, так и из молочных продуктов, прошедших пастеризацию, могут быть выделены термотолерантные спорообразующие микроорганизмы: бактерии родов *Microbacterium*, *Bacillus*, *Corynebacterium* и *Clostridium*, а также вида *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* [31].

Микробиологическая порча молока обусловлена ферментативной активностью бактерий, которые продуцируют протеазы и липазы, разлагающие белки, жиры и фосфолипиды молока – например, псевдомонады видов *P. fluorescens*, *P. lundensis* и *P. fragi* [32]. Во время холодильного хранения пастеризованного молока и молочных продуктов микробиологическая порча может быть вызвана психрофильными бактериями родов *Bacillus*, *Brachybacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Kocuria*, *Paenibacillus* и *Macroccoccus*, которые также вырабатывают ферменты протеазы и пептидазы [33]. Описаны случаи, когда порча молочных продуктов была вызвана дрожжами родов *Candida*, *Kluyveromyces fragilis*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula*, *Pichia*, *Debaryomyces* и *Sporobolomyces* [34]. Прогоркание сливочного масла может быть вызвано психрофильными бактериями из рода псевдомонад (*P. fragi* и *P. putrefaciens*), а также бактериями родов *Micrococcus* и *Alcaligenes* [35].

Особую опасность для здоровья людей представляет контаминация молочных продуктов патогенными микроорганизмами, вызывающими пищевые отравления. Так, наиболее распространенными патогенами, выделяемыми из молочных емкостей на фермах в США в 2000–2008 гг., являлись *Listeria monocytogenes* (3–7%), *Salmonella spp.* (0–11%), *Campylobacter jejuni* (2–9%), *Yersinia enterocolitica* (1–6%), *Escherichia coli* серотипа O157:H7 (0–1%) и шига-токсин продуцирующие *Escherichia coli* (STEC) не-O157:H7 серотипа (2–4%). Кроме того, в этих емкостях присутствовали бактерии – возбудители мастита коров *Staphylococcus aureus* (27–42%), коагулазонегативные *Staphylococcus spp.* (>74%) и *Streptococci* (>71%), в том числе *Streptococcus agalactiae* (10%). В этот период времени среди населения наиболее часто возникали вспышки пищевых инфекций, вызванные возбудителями четырех видов: *Salmonella spp.* (202 случая), *Campylobacter spp.* (197 случаев), энтерогеморрагическими *Escherichia coli* (EHEC) серотипа O157:H7 (24 случая) и *L. monocytogenes* (23 случая). Было показано, что вспышки инфекций, связанные с потреблением сырого молока ($n = 12$), происходили значительно чаще, чем вспышки, связанные с потреблением пастеризованного молока ($n = 2$) [36]. Начиная с 1917 г. в США и других регионах мира постепенно внедрялись и совершенствовались методы пастеризации, что улучшило безопасность и качество молока и молочных продуктов. Помимо пастеризации, важную роль в улучшении качества и микробиологической безопасности молока сыграли и другие стратегии, направленные на снижение микробной контаминации молочных продуктов: улучшение здоровья молочного стада, тестирование сырого молока, внедрение чистых технологий на местах. Однако, несмотря на

огромные успехи в снижении рисков микробиологической безопасности и микробиологической порчи, молочная промышленность по-прежнему сталкивается с важными проблемами, среди которых – необходимость совершенствования научно обоснованных стратегий обеспечения безопасности не подвергаемых термической обработке сыров; предотвращение вторичного загрязнения готовых молочных продуктов; контроль спорообразующих микроорганизмов, патогенных для человека и вызывающих порчу молочных продуктов [37].

До 1917 г. актуальными для молочной промышленности были признаны несколько бактериальных патогенов, в том числе *Mycobacterium spp.* [38], *Salmonella spp.* и *Brucella spp.* Бруцеллез до сих пор представляет собой большую опасность – это хроническое инфекционное заболевание ассоциировано с потреблением козьего молока, вызывается грамотрицательными кокко-бациллами *Brucella melitensis*, которые могут присутствовать в молоке больных животных. Это заболевание достаточно часто проявляется серьезными осложнениями в виде мышечных болей, аборт, эндокардитов, депрессии, анорексии и, в некоторых случаях, смертельного исхода. Несмотря на то что бруцеллез успешно контролируется в большинстве промышленно развитых стран, он по-прежнему является проблемой в странах Средиземноморского региона, на Ближнем Востоке, в Центральной и Юго-Восточной Азии (включая Индию и Китай), в Африке к югу от Сахары и в некоторых районах Латинской Америки, где примерно 3,5 млрд человек находятся в группе риска [39].

В середине 1980-х гг. к списку патогенов, ассоциированных с молочными продуктами, была добавлена *Listeria monocytogenes* – после двух крупных вспышек листериоза в Европе и в США, которые были вызваны потреблением контаминированных листериями сыров. *L. monocytogenes* имеет давнюю историю, связанную с молоком и молочными продуктами, в том числе – вызванные этими бактериями случаи тяжелых инфекций (менингиты, аборт) как у крупного рогатого скота, так и у людей [40].

Недавно в качестве ключевых патогенов, связанных с молочными продуктами, были признаны *Cronobacter* и шига-токсинпродуцирующие *E. coli* (STEC). *Cronobacter spp.*, которые ранее идентифицировали как *Enterobacter sakazakii*, являются особой проблемой для производства сухих детских смесей. STEC и EHEC, включая *E. coli* серотипа O157:H7, вызывающие энтерогеморрагические колиты и гемолитико-уремический синдром (ГУС), также признаны актуальными патогенами для молочной промышленности [37]. Особую опасность потребление контаминированного патогенами молока представляет для детей младше 5 лет. Примером может служить вспышка пищевой инфекции в Санкт-Петербурге в 2013 г., вызванная потреблением сырого молока, обсемененного STEC, в ходе которой 1 ребенок умер [41].

Достаточно значимыми возбудителями пищевых инфекций, связанных с потреблением молочных продуктов, являются представители рода *Campylobacter*, хотя эти бактерии чаще вызывают вспышки пищевых инфекций через потребление обсемененного мяса домашней птицы. Зарегистрированные «молочные» вспышки, вызванные кампилобактериями, немногочисленны, причем они имели место в соци-

ально или географически обособленных группах населения, практикующих потребление сырого непастеризованного молока, в также в образовательных учреждениях – при нарушении режима пастеризации [42]. *Campylobacter fetus*, первичный резервуар которых – желудочно-кишечные тракты крупного рогатого скота и овец, редко поражает людей, но если это случается, то инфекция протекает тяжело, иногда со смертельным исходом. Источником инфекции зачастую является овечье молоко, переработанное в незрелый сыр [43].

Большую роль в порче молочных продуктов играют анаэробные споровые бактерии рода *Clostridium* – *Clostridium perfringens* и *Clostridium botulinum*, способные выжить в вакуумной упаковке, так как стандартная процедура пастеризации молока не убивает их споры. Эти бактерии часто являются причиной тяжелых массовых пищевых отравлений людей [44]. Другие споровые бактерии – представители родов *Bacillus* и *Paenibacillus* – вызывают пищевые отравления в более легкой форме – диарею – у людей, потреблявших контаминированные ими молочные продукты [45].

Хранение молочных продуктов на холоде, с одной стороны, продлевает срок сохранности их качества и безопасности, а с другой стороны – при наличии контаминации психрофильными бактериями – способствует накоплению в них термостабильных ферментов, вызывающих порчу этих про-

дуктов. Для предотвращения размножения психрофильных бактерий в молочных продуктах используется их хранение в газовой среде азота. Азот ингибирует бактериальный рост, в том числе психрофильных псевдомонад, что доказано как в лабораторных, так и в пилотных испытаниях этого метода. Сравнение холодового хранения сырого молока в воздушной и азотной средах показало существенное преимущество последнего для сохранения в течение по крайней мере 7 дней композиционного состава фосфолипидов сырого молока, а также его бактериологических, технологических и диетических свойств [46].

Морепродукты

К морепродуктам относят рыбу, ракообразных и моллюсков (пресноводных и морских). Микробный состав свежих морепродуктов в большой степени соотносится с микробиотой вод, из которых они выловлены. Как и мясо животных, внутренние ткани здоровой рыбы практически стерильны; нормальная микробиота живой рыбы локализуется в трех сайтах тела: слизи, покрывающей тело, жабрах и кишечнике. Микробиота пресноводных рыб и рыб теплых морских вод, как правило, состоит из большого количества мезофильных грамположительных бактерий, а рыбы холодных вод – преимущественно из грамотрицательных бактерий.

Микроорганизмы, вызывающие порчу морепродуктов, попадают в морепродукты на разных стадиях их обработки и хранения. Бактериальная биота испорченной свежемороженой рыбы состоит в основном из аспорогенных грамотрицательных палочек родов *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Shewanella* и *Acinetobacter* (табл. 2) [14]. В рыбе, хранящейся на льду, можно обнаружить представителей семейства *Enterobacteriaceae*, включая *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Rahnella aquatilis*, *Moellerella wisconsensis*, *Hafnia alvei*, *Enterobacter cloacae* и *Citrobacter freundii* [47, 48]. В испорченных тушках северных морских рыб (трески, морского языка, палтуса, хека и др.) зачастую присутствуют бактерии рода *Moraxella* [49]; соленая и высушенная рыба подвергается порче в основном грибами, а также бактериями рода *Psychrobacter* [50]. В рыбе, хранящейся на льду в вакуумной упаковке, зафиксировано присутствие светящихся бактерий *Photobacterium phosphoreum* и *Shewanella putrefaciens*, которые способны вызвать пищевые отравления людей, например, отравление рыбным гистамином из сушеных сардин в Японии в 2002 г. [51].

Морепродукты из ракообразных (креветки, омары, крабы, langoustы и др.) могут подвергнуться микробиологической порче, вызванной бактериями родов *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Proteus* и некоторыми видами дрожжей. Другие морепродукты (устрицы, моллюски, кальмары и гребешки), значительно отличающиеся по своему химическому составу от рыб и ракообразных (высоким уровнем углеводов и низким содержанием общего азота), в испорченных образцах содержат бактерии родов *Serratia*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Pseudoalteromonas*, *Shewanella*, *Lactobacillus*, *Flavobacterium* и *Micrococcus* [52]. Иногда с потреблением испорченных морепродуктов связывают вспышки гастроэнтеритов, вызванные бактериями рода *Vibrio*. В Японии пищевые отравления этого типа составляют 24% от общего количества пищевых отравлений [53].

Таблица 2. Роды бактерий, дрожжей и плесневых грибов, наиболее часто обнаруживаемых в рыбных продуктах и морепродуктах [14]

Грамотрицательные бактерии	
<i>Acinetobacter</i>	x
<i>Aeromonas</i>	xx
<i>Alcaligenes</i>	x
<i>Enterobacter</i>	x
<i>Escherichia</i>	x
<i>Flavobacterium</i>	x
<i>Moraxella</i>	x
<i>Photobacterium</i>	x
<i>Pseudomonas</i>	xx
<i>Psychrobacter</i>	x
<i>Shewanella</i>	xx
<i>Vibrio</i>	xx
<i>Pseudoalteromonas</i>	x
Грамположительные бактерии	
<i>Bacillus</i>	x
<i>Corynebacterium</i>	x
<i>Enterococcus</i>	x
<i>Lactobacillus</i>	x
<i>Listeria</i>	x
<i>Microbacterium</i>	x
<i>Weissella</i>	x
Дрожжи	
<i>Candida</i>	xx
<i>Cryptococcus</i>	xx
<i>Debaryomyces</i>	x
<i>Hansenula</i>	x
<i>Pichia</i>	x
<i>Rhodotorula</i>	xx
<i>Sporobolomyces</i>	x
<i>Trichosporon</i>	x
Плесневые грибы	
<i>Aspergillus</i>	x
<i>Aureobasidium (Pullularia)</i>	xx
<i>Penicillium</i>	x
<i>Scopulariopsis</i>	x
«xx» – выявляются чаще всего; «x» – могут встречаться; «–» – не встречаются.	

Овощи и фрукты

Во фруктах содержится большое количество сахаров, макро- и микроэлементов, витаминов, их состав подходит для роста и размножения бактерий, дрожжей и плесеней. Однако значение pH фруктов ниже уровня, благоприятного для бактерий, поэтому в их порче преобладают дрожжи и плесени. Большое разнообразие видов дрожжей выделено и идентифицировано из фруктов и с фруктовых деревьев. Исключением являются груши, которые часто подвергаются гниlostной порче бактериями из рода *Erwinia*.

Эрвинии (*Erwinia carotovora*) также являются важнейшими бактериями, вызывающими порчу овощей (репчатого лука, чеснока, спаржи, зеленых бобов, моркови, пастернака, сельдерея, салата-латука, капусты, картофеля, шпината, брюссельской и цветной капусты, огурцов, сладкого перца и др.). Под их воздействием, в результате активности пектин-метаболизирующих ферментов, образуется мягкая гниль. Такого рода порча овощей может быть вызвана и пектолитическими псевдомонадами (например, *P. marginalis*, *P. fluorescens*, *P. viridiflava* и др.), которые составляют до 40% от общей численности аэробных микроорганизмов, выделяемых из разных типов овощей. Именно с такими бактериями связано 43% послеуборочной гнили свежих сельхозпродуктов при холодильном хранении [54].

Сырые овощи, в частности картофель, бывают подвержены мягкой гнили, вызываемой *Clostridium puniceum* и другими видами клостридий. Самое большое беспокойство из всех клостридий вызывают *C. botulinum* и *C. perfringens*, которые способны выживать и размножаться в вакуумной упаковке, вызывая порчу продуктов благодаря своей газообразующей способности и протеолитической активности [55].

Слабокислые пищевые продукты (консервированная сладкая кукуруза, зеленый горошек, грибы, спаржа и др.) могут быть испорчены в результате активности термофильных анаэробных бактерий, таких как *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* и *Desulfotomaculum nigrificans* [56]. Консервированные овощи могут портиться под воздействием лактобактерий, продуцирующих диоксид углерода, который вызывает вздутие консервных банок. Молочнокислые бактерии ответственны почти за 25% случаев порчи овощных пресервов, в которых в качестве консерванта используется уксусная кислота [57], в остальных случаях порчи консервированных фруктов и овощей, связанных с газообразованием, были выделены бактерии *Paenibacillus macerans*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus licheniformis* и *Geobacillus stearothermophilus* [7]. Исследователями из США опубликованы данные о выделении микобактерий из свежих фруктов и соков: *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium gordonae*, *Mycobacterium flavescens* и др., имеющих определенную клиническую значимость в качестве возбудителей инфекций у человека [7].

Фруктовые и овощные продукты с высоким содержанием сахара и соли (соки, их концентраты, сухофрукты, пресервы, джемы и др.) подвергаются микробиологической порче со стороны дрожжей (родов *Zygosaccharomyces*, *Lachancea*, *Torulaspora* и *Zygotorulaspora*), которые хотя и не производят токсинов и не зафиксированы как возбудители заболеваний человека, могут вызвать такие изменения в продуктах, из-за

которых они становятся оптимальной средой для размножения патогенных и токсигенных микроорганизмов [7, 58].

Особую опасность для здоровья потребителей представляет контаминация фруктов и овощей патогенными энтеробактериями, такими как сальмонеллы, диарогенные эшерихии, иерсинии и листерии, которые вызывают инфекции с высоким уровнем смертности. Описаны случаи спорадических и вспышечных заболеваний, вызванных этими возбудителями, в результате потребления листовых овощей, помидоров, огурцов и др. [59–62]. Данные бактерии обладают способностью выживать и размножаться в экстремальных условиях окружающей среды. Например, сальмонеллы серотипов *Enteritidis*, *Infantis* и *Typhimurium* способны расти при температурах 10–12°C на помидорах при низких значениях pH среды (~4) [63]. Шига-токсин (веротоксин) продуцирующие *E. coli* (STEC/VTEC), несмотря на то, что их первичным хозяином является крупный рогатый скот, способны колонизировать растения в качестве альтернативного хозяина. Зафиксированы вспышки пищевых инфекций, ассоциированные с потреблением проростков семян, люцерны, клевера, пажитника, побегов белой редиски и др., вызванные бактериями STEC серотипов O157, O104, O26, O121, O126 и др. [64]. Иерсиниозы, вызванные бактериями *Yersinia enterocolitica* серотипов O3 и O9, чаще фиксировавшиеся как спорадические случаи, реже – в виде вспышек пищевых инфекций, были связаны с потреблением овощей и фруктов в виде готовых салатов [65]. Способность к персистенции в условиях окружающей среды в течение нескольких лет и даже десятилетий, в том числе на овощах и фруктах, характерна для грамположительных бактерий *Listeria monocytogenes*, которые способны вызвать инвазивные заболевания у людей с ослабленной иммунной системой с уровнем смертности 20–30% [66].

Перспективные подходы для борьбы с микробной порчей продуктов

Качество пищевых продуктов строго регламентируется нормативными актами. В нашей стране микробиологические исследования пищевых продуктов проводят в соответствии с Техническими регламентами Таможенного Союза (ТР ТС), Государственными стандартами (ГОСТами), Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами (СанПиНами), Методическими указаниями (МУ) и другими нормативными документами (https://www.pitportal.ru/new_articles/4337.html). Безопасность пищевых продуктов достигается с помощью разнообразных традиционных методов, в разной степени обеспечивающих контроль их порчи в результате размножения микроорганизмов: физических методов (высушивание; хранение в регулируемой газовой среде и вакууме; тепловая обработка – пастеризация и стерилизация; охлаждение; обработка ультрафиолетовым и рентгеновским излучением); химических методов (обработка антибактериальными консервирующими препаратами – кислотами, солями, спиртами, диоксидом серы, сульфитами и др.) и биологических методов (обработка антибактериальными препаратами микробного происхождения, например, низином или педиоцином PA1; внесение фитонцидов, содержащихся в луке, чесноке, хрене, горчице и других растениях) [67].

Относительно новым подходом к обеспечению безопасности и стабильности свойств пищевых продуктов является разработка прогностических моделей развития микроорганизмов, вызывающих их порчу. Компьютерные прогностические модели и базы данных по размножению, инактивации и выживанию микроорганизмов используют для оценки скорости размножения бактерий на разных стадиях производственного процесса, для определения срока годности продукта и для тестирования его качества. Модели прогностической микробиологии широко используются в развитых странах промышленными предприятиями, образовательными учреждениями и государственными контрольно-регламентирующими органами [7].

Бактериоцины

В последние годы бактериоцины привлекают пристальное внимание специалистов как перспективные натуральные безопасные пищевые консерванты, поскольку они легко усваиваются желудочно-кишечным трактом человека и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к безопасным продуктам, производимым без использования химических консервантов [68]. На основании доступных сведений, в настоящее время официально разрешены для практического использования только два препарата этого класса – низин и педиоцин РА1. Примерами наиболее перспективных препаратов бактериоцинов, находящихся на стадии разработки, являются энтероцин AS-48 и лактицин 3147 [69, 70].

Бактериоцины показали свою эффективность для обработки разных типов продуктов питания: мяса, молочных продуктов, рыбы, алкогольных напитков, салатов и ферментированных овощей. Однако эффективность бактериоцинов в пищевых системах зачастую снижается из-за таких факторов, как адсорбция их некоторыми компонентами пищевых продуктов, ферментативная деградация, слабая растворимость и неравномерное распределение в пищевой матрице. Влияние этих факторов может быть преодолено использованием не собственно бактериоцинов, а живых бактериоцинопродуцирующих бактерий. Например, включение бактерий-продуцентов бактериоцинов в молочные продукты (йогурты, сыры) в качестве вспомогательных культур при ферментации обеспечивает непрерывную наработку бактериоцинов и улучшает сохранность этих продуктов во время созревания и хранения. Кроме того, молекулы бактериоцинов могут быть защищены от разрушения путем включения их в состав биопленок и «активной» упаковки [71]. Эффективность их действия может быть повышена при сочетании бактериоцинов с химическими добавками (этилендиаминтетрауксусной кислотой, лактатом натрия, диацетатом калия и др.), с прогревом продукта или с обработкой высоким давлением [72].

Разработан биоинженерный подход использования бактериоцинов – наработка этих антибактериальных веществ в генетически модифицированных растениях. Недавно показано, что некоторые колицины очень эффективно продуцируются в листьях табака, шпината и листовой свеклы. Смесь колицина М и колицина Е7 проявляла высокую антибактериальную активность против энтерогеморрагических *Escherichia coli* (ЕНЕС) – внесение 10 мг/л колицинов в бульонную культуру снижало бактериальную нагрузку патогенов на 2–6 порядков. Предлагается широко использовать

колицины, продуцируемые клетками растений, для контроля патогенных *E. coli* в пищевых продуктах как растительного, так и животного происхождения [73]. Другим успешным примером данного подхода явилась система экспрессии в растениях 6 пиоцинов (S5, РаеМ, L1, L2, L3 и РаеМ4), которые специфично подавляли размножение клинических штаммов *Pseudomonas aeruginosa* не только *in vitro* в жидкой культуре и в составе биопленок, но также *in vivo* на инфекционной модели личинок восковой моли *Galleria mellonella* [74].

Бактериофаги

В ряде исследований представлены данные об успешном использовании литических бактериофагов вирусов бактерий для инактивации основных возбудителей пищевых инфекций: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, *Shigella spp.*, *Campylobacter jejuni* и *Cronobacter sakazakii* (*Enterobacter sakazakii*), а также бактерий, вызывающих микробиологическую порчу продуктов, как в организме модельных животных, так и на поверхностях, контактирующих с пищевыми продуктами или в составе бактериальных биопленок. Метод фаговой терапии представлен в качестве одного из перспективных, «новых» методов лечения бактериальных инфекций, на Генеральной Ассамблее ООН в 2016 г. [75]. Преимуществом литических бактериофагов является их специфичность в отношении целевой популяции бактерий без воздействия на представителей других видов микробиоты [76, 77]. Бактериофаги расцениваются как безопасные агенты для обработки пищевых продуктов благодаря отсутствию у них токсичности для организма человека. Бактериофаги обладают большим потенциалом для медицины и ветеринарии, но к настоящему времени в Европе и США коммерциализированы и одобрены для применения в пищевых продуктах или для деконтаминации поверхностей только фаговые препараты, активные против *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 и *S. enterica*.

В Российской Федерации недавно внедрен специализированный профилактический продукт «Фудфаг» на основе коктейля бактериофагов эшерихиозного, сальмонеллезного, листериозного и стафилококкового, существенно снижающий риск заражения людей острыми кишечными инфекциями [78]. Кроме того, разработаны препараты для фаг-опосредованного биопроцессинга, деконтаминации и продления срока годности молока, мясного фарша, куриных полуфабрикатов и рыбы [79].

Перспективным направлением использования бактериофагов является их применение в иммобилизованном состоянии на носителях, что позволяет предотвратить возможную потерю фаговой активности и обеспечивает постепенное высвобождение частиц бактериофага в пищевой продукт. Для профилактики STEC-инфекций предложен бактериофаг, иммобилизованный на органо-неорганических гибридных покрытиях, совместно с наночастицами оксидов металлов; при этом зафиксирован синергидный антибактериальный эффект наноповрхностей и бактериофагов против бактериальных патогенов [80]. Недавно разработаны варианты упаковки для продуктов на основе целлюлозных мембран, пропитанных суспензией бактериофагов и с инкапсулированными фагами в альгинатных шариках [81], на основе пленки из хитозана, содержащей липосомные капсулы фагов [82].

Ферменты бактериофагов

В геномах бактериофагов имеются гены, кодирующие ферменты эндолизины, вызывающие лизис клетки-хозяина на завершающем этапе литической инфекции. Эти ферменты возможно использовать в качестве антибактериальных агентов. Очищенные фаговые эндолизины имеют более широкий спектр специфичности, чем литические бактериофаги, из которых они выделены [83]. Препараты рекомбинантных эндолизинов предлагается использовать в качестве естественных консервантов продуктов питания как самостоятельно, так и в сочетании с другими антимикробными препаратами (например, с низином) или с другими методами обработки (например, высоким гидростатическим давлением) [84, 85].

Эффективная доставка эндолизинов к мишени действия в обрабатываемом продукте является существенным моментом, и решается она с помощью генно-инженерных технологий. Так, для обеспечения оптимального способа доставки антистафилококкового эндолизина *Lysdb* при производстве сыра был сконструирован стартовый биотехнологический штамм *Lactobacillus casei*, клетки которого конститутивно синтезируют эндолизин [86]. Успешным в этом плане направлением оказался биоинженерный подход наработки эндолизинов в генетически модифицированных растениях. Проходят испытания 6 субстанций, синтезируемых в листьях табака, активных против патогенных *Clostridium perfringens*. Показано, что эти препараты предотвращают размножение бактерий *C. perfringens* на мясных матрицах гораздо лучше, чем низин, единственный к настоящему времени официально одобренный для контроля клостридий консервант на основе бактериоцина [87].

Эфирные масла

Эфирные масла (ЭМ) представляют собой жидкие ароматические продукты, экстрагированные из ароматических растений (*Lamiaceae*), растворимые в липидах и в органических растворителях. Они играют ключевую роль в защите растений от бактерий, грибов, вирусов, насекомых и животных [88]. ЭМ использовались человеком для терапевтических целей с незапамятных времен, но только в последние годы появились сообщения об их антимикробной активности, способности ингибировать патогенные бактерии и увеличивать срок годности пищевых продуктов [89, 90]. К сожалению, эффективность ЭМ может снижаться из-за присутствия в пищевых продуктах таких компонентов, как жир, углеводороды, белки, вода, соль, антиоксиданты и другие, а также из-за pH среды. Было отмечено, что ЭМ не очень активны в продуктах с высокой концентрацией сложных сахаров (крахмал), поэтому препараты ЭМ предпочтительно использовать для обработки пищевых продуктов, содержащих простые, а не сложные углеводы [91].

Наибольшей биологической активностью обладают ЭМ, в которых основными компонентами являются альдегиды или фенолы (циннамальдегид, цитрал, карвакрол, эвгенол или тимол), а затем – терпены и спирты [92]. Карвакрол – фенольный монотерпеноид, содержащийся в эфирных маслах орегано (*Origanum vulgare*), тимьяне (*Thymus vulgaris*), клоповнике (*Lepidium flavum*), диком бергамоте (*Citrus aurantium bergamia*) и других растениях. Антимикробная активность карвакрола выше, чем у других летучих соединений, присутствующих в эфирных маслах, из-за гидрофобности молекулы, наличия в ней свободной гидроксильной

группы и фенольной частицы. Карвакрол особенно эффективен против возбудителей пищевых инфекций, включая *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* и *Bacillus cereus* [93]. Фитол – ациклический мононенасыщенный спирт дитерпена, самый распространенный ациклический изопреноид. Он содержится в эфирных маслах жгучих растений, таких как перец бетель (*Piper betle*), клеоме зазубренная (*Cleome serrate*) и лантана радула (*Lantana radula*). Это природное соединение проявляет биологическую активность широкого спектра, включая противовоспалительную, антимикробную, противоаллергическую, иммуностимулирующую и антиоксидантную [94]. Целый комплекс антимикробных веществ обнаружен в эфирном масле «чесночного растения» *Gallesia integrifolia* (сем. *Phytolaccaceae*), произрастающего в Бразилии. В этом эфирном масле идентифицированы 35 компонентов, 68% которых принадлежали к классу сероорганических соединений. Показано, что это эфирное масло обладает сильным антимикробным действием против грибов родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Trichoderma* [95]. Примечательно, что даже бактерии *C. perfringens*, способные образовывать высокотермостойкие споры, могут быть инактивированы препаратами ЭМ. Установлено, что аллилизотиоцианат (аллиловое горчичное масло, сильный лакриматор) эффективно подавляет прорастание спор и размножение вегетативных клеток *C. perfringens* как на искусственных питательных средах, так и в курином мясе [96].

Повышение эффективности ЭМ и пролонгирование их действия могут быть достигнуты за счет включения препаратов ЭМ в нанолипосомы. Так, значения минимальных подавляющих концентраций (МПК) эфирного масла растения *Zataria multiflora*, произрастающего в предгорьях Турции, Ирака, Ирана и других стран, против шига-токсинпродуцирующих *E. coli* O157:H7 снижались при инкапсулировании в 2 раза. Интересно, что использование инкапсулированных ЭМ в субингибирующих концентрациях (50 и 75% от МПК) приводило к существенно более значительному, статистически достоверному, снижению экспрессии шига-токсина *Stx2* в клетках *E. coli* O157:H7 (на 10%), по сравнению с таковым при использовании неинкапсулированного ЭМ [97].

Продемонстрирована возможность успешного применения препаратов ЭМ растений в комбинации с бактериоцинами и антибиотиками. Например, эфирное масло чеснока и аллилизотиоцианат, совместно с низином, были использованы для обработки свежей колбасы против контаминации бактериями *E. coli* O157:H7 и *Lactobacillus plantarum*. Показано, что такая обработка была эффективна для повышения безопасности и срока годности свежей колбасы, не влияя на органолептические свойства продукта [98]. Другой пример – комбинация ЭМ тимьяна и перечной мяты с ципрофлоксацином была эффективной для ингибирования и эрадикации биопленок, образованных мультирезистентными *Klebsiella pneumoniae* [99]. А комбинация фитола с цефотаксимом на 70% снижала эффективность формирования биопленки *Acinetobacter baumannii* [94].

Заключение

Микробиологическая порча пищевых продуктов и связанные с этим пищевые отравления людей могут иметь серьезные последствия для здравоохранения и экономики челове-

ческого общества. Практически все виды пищевых продуктов могут подвергаться микробиологической порче, но существует специфика этого процесса для разных типов пищевых продуктов. Для обеспечения безопасности пищевых продуктов используются разнообразные традиционные методы: физические, химические и биологические. В последние годы активно разрабатываются новые методы, сочетающие в себе традиционные и инновационные разработки.

Использование бактериоцинов, бактериофагов, эндолизинов и фитонцидов для биоконсервации пищевых продуктов – многообещающее новое направление для пищевой промышленности. Специалисты полагают, что бактериоцины и эндолизины более пригодны для создания новых высокодействующих вариантов препаратов с расширенным спектром активности с помощью генно-инженерных технологий. Генетически модифицированные бактериофаги также могут быть полезны для создания таких препаратов, но работа с ними осложняется быстрым формированием устойчивости к ним микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов. Широко используется комплексный подход к созданию новых технологий хранения продуктов: бактериоцины и фитонциды рассматриваются как перспективные антимикробные агенты при создании барьеров против микробной контаминации путем включения их в упаковочные пленки, в сочетании с использованием модифицированных газовых смесей при упаковке; фаги и эндолизины успешно сочетаются с низином, а высокое гидростатическое давление усиливает активность эндолизина. Все это позволяет надеяться, что в ближайшем будущем будут созданы новые биологические консерванты пищевых продуктов, и пищевая индустрия выйдет на новый уровень сохранности и безопасности продукции.

Литература/References

1. WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. WHO Press, 2015. ISBN 978 92 4 156516 5. Available on the WHO website (www.who.int).
2. Шепелин АП, Дятлов ИА, Полосенко ОВ. Микробиологический контроль качества пищевой продукции. Бактериология. 2017;2(2):39-47. / Shepelin AP, Dyatlov IA, Polosenko OV. Microbiological control of food products quality. Bacteriology. 2017;2(2):39-47. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2017-2-39-47 (In Russian).
3. Шевелева СА. Анализ микробиологического риска как основа для совершенствования системы безопасности и контроля пищевых продуктов. Автореф. дисс. ... доктора мед. наук. Москва, 2007. / Sheveleva SA. Analysis of microbiological risk as a basis for improving the safety and control of food. Thesis of PhD dissertation in Medical Science. Moscow, 2007. (In Russian).
4. Фролов ДИ. Актуальность микробиологических испытаний готовой продукции в области управления пищевой безопасностью. Инновационная техника и технология. 2016;1(6):15-18. / Frolov DI. The relevance of microbiological testing of finished products in the field of food safety management. Innovative Machinery and Technology. 2016;1(6):15-18. (In Russian).
5. Донченко ЛВ, Надыхта ВД. Безопасность пищевой продукции. 3-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2018, 264 с. ISBN 978-5-534-07799-5. / Donchenko LV, Nadykta VD. Food safety. 3rd ed., Rev. and additional. Moscow: "Yurait" Publ., 2018, 264 p. ISBN 978-5-534-07799-5. (In Russian).
6. Правительство Российской Федерации. Распоряжение № 1364-п от 29 июня 2016 г. «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г.». <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/> / The Government of the Russian Federation. Order No. 1364-p of June 29, 2016 «On the Approval of the Strategy for Improving the Quality of Food Products in the Russian Federation until 2030». <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/> (In Russian).
7. Blackburn CW. Food spoilage microorganisms. Ed. C. de W. Blackburn. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006, 712 p. ISBN: 9781855739666.
8. Huis in't Veld JH. Microbial and Biochemical spoilage of foods: an overview. Int J Food Microbiol. 1996;33(1):1-18.
9. Braden CR, Tauxe RV. Emerging trends in foodborne diseases. Infect Dis Clin North Am. 2013 Sep;27(3):517-33. DOI: 10.1016/j.idc.2013.06.001.
10. Berger CN, Sodha SV, Shaw RK, Griffin PM, Pink D, Hand P, Frankel G. Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. Environ Microbiol. 2010 Sep;12(9):2385-97. DOI: 10.1111/j.1462-2920.2010.02297.x
11. Luzina NI. Microbiology of meat and meat products. Tutorial. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry, 2004, 75 с. ISBN 5 89289 210 - 7. (In Russian).
12. Doronin AF, Izotova TI, Dvoenosova PA. Ensuring the safety and quality of meat and meat products. Tutorial. M.: Publishing complex of Moscow State University of Food Production, 2009, 232 p. (In Russian).
13. Aliyeva AK, Dmitrichenko MI, Pelenko VV. Microbiological safety and quality control of poultry products sold in the trade networks of St. Petersburg and the Leningrad region. Annals of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(1):290-296. (In Russian).
14. Stenbridge LN, Davies AR. The Microbiology of Meat and Poultry. Davies A, Board R. (eds). London: Blackie Academic & Professional, 1998. p. 174-219.
15. Gill CO, Harrison JC, Penney N. The storage life of chicken carcasses packaged under carbon dioxide. Int J Food Microbiol. 1990;11(2):151-7.
16. Garcia C, Martin A, Timon ML, Cordoba JJ. Microbial populations and volatile compounds in the "bone taint" spoilage of dry cured ham. Lett Appl Microbiol. 2000;30(1):61-6.
17. Mattick KL, Bailey RA, Jorgensen FA, Humphrey TJ. The prevalence and number of Salmonella in sausages and their destruction by frying, grilling or barbecuing. J Appl Microbiol. 2002;93:541-547.
18. Loureiro V, Querol A. The prevalence and control of spoilage yeasts in foods and beverages. Trends Food Sci Technol. 1999;10:356-65.
19. Пleshakova ВИ, Балашов ВВ, Степанов ДН. Видовой состав и этиологическая структура возбудителей инфекционных болезней кур в условиях промышленного производства. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2014;217:211-216. / Pleshakova VI, Balashov VV, Stepanov DN. Species composition and etiological structure of causative agents of infectious diseases of poultry in conditions of industrial production. Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine behalf of N.E. Bauman. 2014;217:211-216. (In Russian).
20. Гусев ВИ, Светоч ЭА, Глазков НА, Теймуразов МГ. К вопросу контроля возбудителей бактериальных инфекций в промышленном птицеводстве. Птица и птицепродукты. 2003;2:23-25. / Gusev VI, Candle EA, Glazkov NA, Teimurazov MG. To the issue of control of pathogens of bacterial infections in industrial poultry farming. Poultry and poultry products. 2003;2:23-25. (In Russian).
21. Abeyrathne EDNS, Huang X, Ahn DU. Antioxidant, angiotensin-converting enzyme inhibitory activity and other functional properties of egg white proteins and their derived peptides - A review. Poult Sci. 2018 Apr 1;97(4):1462-1468. DOI: 10.3382/ps/pex399.
22. Фисинин ВИ, Егоров ИА, Лаптев ГЮ, Ильина НА, Йылдырым ЕА, Филиппова ВА, и др. Выявление микроорганизмов в куриных эмбрионах методом T-RFLP. Птица и птицепродукты. 2015;624-626. / Fisinin VI, Egorov IA, Laptev GY, Iliina NA, Yildirim EA, Filippova VA, et al. Identification of microorganisms in chick embryos by the T-RFLP method. Poultry and poultry products. 2015;624-626. (In Russian).

23. Фисинин ВИ, Лаптев ГЮ, Никонов НН, Ильина ЛА, Ёылдырым ЕА, Филиппова ЕА, и др. Изменение бактериального сообщества в желудочно-кишечном тракте кур в онтогенезе. Сельскохозяйственная биология. 2016;51(6):883-890. / Fisinin VI, Laptev GYu, Nikonov NN, Il'ina LA, Yildirim EA, Filippova VA, et al. Poultry gastrointestinal microbiome changes during ontogenesis. Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2016;51(6):883-890. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.6.883rus (In Russian).
24. Госманов РГ, Галиуллин АК, Нурғалиев ФМ, Волков АХ, Юсупова ГР. Микробиологический контроль мяса животных, кур, яиц и продуктов их переработки. Учебно-методическое пособие. Казань: ФГБОУ ВО Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2016, 59 с. / Gosmanov RG, Galiullin AK, Nurgaliev FM, Volkov AH, Yusupova GR. Microbiological control of meat, eggs and products of their processing. Teaching-methodical manual. Kazan: Kazan State Academy of Veterinary Medicine behalf of N.E. Bauman, 2016, 59 p. (In Russian).
25. Majowicz SE, Musto J, Scallan E, Angulo FJ, Kirk M, O'Brien SJ, et al. The global burden of nontyphoidal Salmonella gastroenteritis. Clin Infect Dis. 2010 Mar 15;50(6):882-9. DOI: 10.1086/650733.
26. EFSA European Food Safety Authority; The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. EFSA J 2015;13:165.
27. Board RG. Eggs and egg products. In: The Microbiological Safety and Quality of Food. Volume I. Eds. Lund BM, Baird-Parker TC, Gould W. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, 2000, p. 590–619.
28. Lafarge V, Ogier J-C, Girard V, Maladen V, Leveau J-Y, Gruss A, et al. Raw cow milk bacterial population shifts attributable to refrigeration. Appl Environ Microbiol. 2004;70:5644–5650.
29. Nicolaou N, Xu Y, Goodacre R. Detection and quantification of bacterial spoilage in milk and pork meat using MALDI-TOF-MS and multivariate analysis. Anal Chem. 2012 Jul 17;84(14):5951-8. DOI: 10.1021/ac300582d.
30. Chambers JV. The microbiology of raw milk. In: Robinson R K, Dairy Microbiology Handbook, 3rd ed. New York: Wiley-Interscience, 2002, p. 39-90.
31. Hayes MC, Boor KJ. Raw milk and fluid milk products. In: Marth EH, Steele JL. Appl Dairy Microbiol, 2nd ed., New York: Marcel Dekker, 2001, p. 59-76.
32. Boor KJ, Murphy SC. The Microbiology of Market Milks. In: Dairy Microbiology Handbook. 3rd Ed. Robinson RK. New York Wiley-Interscience: A John Wiley&Sons, Inc. Publication, 2002, p. 91-122.
33. Ribeiro Júnior JC, Tamanini R, de Oliveira ALM, Alfieri AA, Beloti V. Genetic diversity of thermophilic spoilage microorganisms of milk from Brazilian dairy farms. J Dairy Sci. 2018; pii: S0022-0302(18)30494-6.
34. Green MD, Ibe SN. Yeasts as primary contaminants in yogurts produced commercially in Lagos, Nigeria. J Food Protect. 1987;50:193-8.
35. Varnam AH, Sutherland JP. Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology. London: Chapman & Hall, 1994. ISBN 978-1-4613-5732-2.
36. Oliver SP, Boor KJ, Murphy SC, Murinda SE. Food safety hazards associated with consumption of raw milk. Foodborne Pathog Dis. 2009 Sep;6(7):793-806. DOI: 10.1089/fpd.2009.0302
37. Boor KJ, Wiedmann M, Murphy S, Alcaine S. A 100-Year Review: Microbiology and safety of milk handling. J Dairy Sci. 2017 Dec;100(12):9933-9951. DOI: 10.3168/jds.2017-12969
38. Grant IR, Hitchings EI, McCartney, Ferguson F, Rowe MT. Effect of commercial-scale high-temperature short-time pasteurization on the viability of *Mycobacterium paratuberculosis* in naturally infected cow's milk. Appl Environ Microbiol. 2002;68:602-607.
39. Rossetti CA, Arenas-Gamboa AM, Maurizio E. Caprine brucellosis: A historically neglected disease with significant impact on public health. PLoS Negl Trop Dis. 2017 Aug 17;11(8):e0005692. DOI: 10.1371/journal.pntd.0005692
40. Jackson KA, Gould LH, Hunter JC, Kucerova Z, Jackson B. Listeriosis Outbreaks Associated with Soft Cheeses, United States, 1998-2014. Emerg Infect Dis. 2018 Jun;24(6):1116-1118. DOI: 10.3201/eid2406.171051.
41. Onishchenko GG, Dyatlov IA, Svetoch EA, Vo-lozhantsev NV, Bannov VA, Kartsev NN et al. [Molecular-genetic characterization of shiga-toxin producing *Escherichia coli* isolated during a food-borne outbreak in St. Petersburg in 2013]. Vestn Ross Akad Med Nauk. 2015;(1):70-81. (In Russian).
42. Fernandes AM, Balasegaram S, Willis C, Wimalaratna HM, Maiden MC, McCarthy ND. Partial Failure of Milk Pasteurization as a Risk for the Transmission of *Campylobacter* From Cattle to Humans. Clin Infect Dis. 2015 Sep 15;61(6):903-9. DOI: 10.1093/cid/civ431
43. Koppelaar H, Groenendijk F, van den Berge M, Verkade E, Verduin K, Zomer AL, et al. Outbreak of *Campylobacter fetus* infection after consumption of unpasteurized sheep's milk cheeses: how to trace the source? Ned Tijdschr Geneesk. 2017; 161(0):D1704. [Article in Dutch]
44. Lindström M, Myllykoski J, Sivelä S, Korkeala H. *Clostridium botulinum* in cattle and dairy products. Crit Rev Food Sci Nutr. 2010 Apr;50(4):281-304. DOI: 10.1080/10408390802544405.
45. Pruss BM, Dictrich R, Nibler B, Martibauer E, Scherer S. The hemolytic enterotoxin HBL is broadly distributed among species of the *Bacillus cereus* group. Appl Environ Microbiol. 1999;65:5436-5442.
46. Munsch-Alatossava P, Käkälä R, Ibarra D, Youbi-Idrissi M, Alatossava T. Phospholipolysis Caused by Different Types of Bacterial Phospholipases During Cold Storage of Bovine Raw Milk Is Prevented by N2 Gas Flushing. Front Microbiol. 2018 Jun 19;9:1307. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01307
47. Debevere J, Devlieghere F, van Sprundel P, De Meulenaer B. Influence of acetate and CO2 on the TMAO-reduction reaction by *Shewanella baltica*. Int J Food Microbiol. 2001;68(1-2):115-23.
48. Gonzalez-Rodriguez MN, Sanz JJ, Santos JA, Otero A, Garcia-Lopez ML. Bacteriological quality of aquacultured freshwater fish portions in prepackaged trays stored at 3 °C. J Food Protect. 2001;64:1399–1404.
49. Santos JA, Garcia-Lopez ML, Otero A. *Moraxella*. In: Encyclopaedia of Food Microbiology, Vol. 2. Eds. Robinson RK, Batt CA, Patel PD. London: Academic Press. 2000, p. 1487-1492.
50. Bjorkevoll I, Olsen RL, Skejerdal OT. Origin and spoilage of the microbiota-dominating genus *Psychrobacter* in sterile, rehydrated salt-cured and dried salt-cured cod (*Gadus mortha*). Int J Food Microbiol. 2003;84(2): 175–187.
51. Kanki M, Yoda T, Ishibashi M, Tsukamoto T. *Photobacterium phosphoreum* caused a histamine fish poisoning incident. International. J Food Microbiol. 2004;92:79–87.
52. Romero JN, Gonzales R, Espero T. Marine *Pseudoalteromonas sp.* composes most of the bacterial population developed in oysters spoiled during storage. J Food Sci. 2002;6758:2300-2303.
53. Wang R, Sun L, Wang Y, Deng Y, Fang Z, Liu Y, et al. Growth and Hemolysin Production Behavior of *Vibrio parahaemolyticus* in Different Food Matrices. J Food Prot. 2018 Feb;81(2):246-253. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-17-308
54. Jay JM. Modern Food Microbiology. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc. 2000, 58 p.
55. Jong DEJ. Spoilage of an acid food product by *Clostridium perfringens*, *C. barati* and *C. butyricum*. Int J Food Microbiol. 1989;8:121-32.
56. Ashton DH. Thermophilic organisms involved in food spoilage: thermophilic anaerobes not producing hydrogen sulphide. J Food Protect. 1981;44(2): 146-8.
57. Koort JMK, Murros A, Coneye T, Eerola S, Vandamme P, Sukura A, et al. *Lactobacillus oligofermentans sp. nov.* associated with spoilage of modified atmosphere packaged poultry products. Appl Environ Microbiol. 2005;71(8):4400-6. DOI: 10.1128/AEM.71.8.4400-4406.2005
58. James SA, Stratford M. Spoilage yeasts with emphasis on the genus *Zygosaccharomyces*. In: Boekhout T., Robert V. Yeasts in Food, Beneficial and Detrimental Aspects, Hamburg: Behr's Verlag, 2003, p. 171-87.
59. Pande TK, Khan AH, Pipersania R, Sethi SK, Rath Y. Watermelon poisoning. Postgrad Med J. 2002;78:124-125.

60. Sudershan RV, Naveen Kumar R, Kashinath L, Bhaskar V, Polasa K. Microbiological hazard identification and exposure assessment of poultry products sold in various localities of Hyderabad, India. *ScientificWorldJournal*. 2012;2012:736040. DOI: 10.1100/2012/736040
61. Callejón RM, Rodríguez-Naranjo MI, Ubeda C, Hornedo-Ortega R, Garcia-Parrilla MC, Troncoso AM. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: trends and causes. *Foodborne Pathog Dis*. 2015 Jan;12(1):32-8. DOI: 10.1089/fpd.2014.1821
62. Verma P, Saharan VV, Nimesh S, Singh AP. Phenotypic and virulence traits of *Escherichia coli* and *Salmonella* strains isolated from vegetables and fruits from India. *J Appl Microbiol*. 2018 Jul;125(1):270-281. DOI: 10.1111/jam.13754.
63. Gurtler JB, Harlee NA, Smelser AM, Schneider KR. *Salmonella enterica* Contamination of Market Fresh Tomatoes: A Review. *J Food Prot*. 2018 Jul;81(7):1193-1213. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-17-395
64. Wright KM, Holden NJ. Quantification and colonisation dynamics of *Escherichia coli* O157:H7 inoculation of microgreens species and plant growth substrates. *Int J Food Microbiol*. 2018 May 20;273:1-10. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.02.025
65. MacDonald E1, Einöder-Moreno M, Borgen K, Thorstensen Brandal L, Diab L, Fosslø Ø, et al. National outbreak of *Yersinia enterocolitica* infections in military and civilian populations associated with consumption of mixed salad, Norway, 2014. *Euro Surveill*. 2016 Aug 25;21(34). DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.34.30321.
66. Leong D, NicAogáin K, Luque-Sastre L, McManamon O, Hunt K1, Alvarez-Ordóñez A, Scollard J, et al. A 3-year multi-food study of the presence and persistence of *Listeria monocytogenes* in 54 small food businesses in Ireland. *Int J Food Microbiol*. 2017 May 16;249:18-26. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.015
67. Леонтьев ВН, Элькаиб ХМ, Эльхедми АЭ. Порча пищевых продуктов: виды, причины и способы предотвращения. Труды Белорус Гос Универ. 2013;8(1):125-130. / Leontiev VN, Elkaib KhM, Elhedmi AE. Food spoilage: types, causes and methods of prevention. Proceedings of Belarus State University. 2013;8(1):125-130. In Russian.
68. Mills S, Serrano LM, Griffin C, O'Connor PM, Schaad G, Bruining C, et al. Inhibitory activity of *Lactobacillus plantarum* LMG P-26358 against *Listeria innocua* when used as an adjunct starter in the manufacture of cheese. *Microb Cell Fact*. 2011 Aug 30;10 Suppl 1:S7. DOI: 10.1186/1475-2859-10-S1-S7
69. Sánchez-Hidalgo M, Montalbán-López M, Cebrián R, Valdivia E, Martínez-Bueno M, Maqueda M. AS-48 bacteriocin: close to perfection. *Cell Mol Life Sci*. 2011 Sep;68(17):2845-57. DOI: 10.1007/s00018-011-0724-4.
70. Suda S, Cotter PD, Hill C, Ross RP. Lactacin 3147--biosynthesis, molecular analysis, immunity, bioengineering and applications. *Curr Protein Pept Sci*. 2012 May;13(3):193-204.
71. Silva CCG, Silva SPM, Ribeiro SC. Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. *Front Microbiol*. 2018 Apr 9;9:594. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00594
72. Egan K, Field D, Rea MC, Ross RP, Hill C, Cotter PD. Bacteriocins: Novel Solutions to Age Old Spore-Related Problems? *Front Microbiol*. 2016 Apr 8;7:461. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00461.
73. Schulz S, Stephan A, Hahn S, Bortesi L, Jarczowski F, Bettmann U, et al. Broad and efficient control of major foodborne pathogenic strains of *Escherichia coli* by mixtures of plant-produced colicins. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Oct 6;112(40):E5454-60. DOI: 10.1073/pnas.1513311112.
74. Paškevičius Š, Starkevič U, Misiūnas A, Vitkauskienė A, Gleba Y, Ražanskienė A. Plant-expressed pyocins for control of *Pseudomonas aeruginosa*. *PLoS One*. 2017 Oct 3;12(10):e0185782. DOI: 10.1371/journal.pone.0185782
75. United Nations. Draft Political Declaration of the High-Level Meeting of the General Assembly on Antimicrobial Resistance (16-16108 (E)). 2016 Release. Available online: http://www.un.org/pga/71/wp-content/uploads/sites/40/2016/09/DGACM_GAEAD_ESCAB-AMR-Draft-Political-Declaration1616108E.pdf (accessed on 17 December 2017).
76. Pérez Pulido R, Grande Burgos MJ, Gálvez A, Lucas López R. Application of bacteriophages in post-harvest control of human pathogenic and food spoiling bacteria. *Crit Rev Biotechnol*. 2016 Oct;36(5):851-61. DOI: 10.3109/07388551.2015.1049935
77. Васильев ДА, Алёшкин АВ, Золотухин СН, Феоктистова НА, Мартынова КВ, Насибуллин ИР, и др. Разработка фагового биопрепарата *Aeromonas hydrophila* для деконтаминации рыбного, мясного сырья и готовых продуктов питания из них. Естественные и технические науки. 2018;1(115):21-26. / Vasiliev DA, Alyoshkin AV, Zolotukhin SN, Feoktistova NA, Martynova KB, Nasibullin IR, et al. The development of phage biological product against *Aeromonas hydrophila* for decontamination of fish, raw meat and ready-to-eat foods. *Natural and Technical Sciences*. 2018;1(115):21-26. (In Russian).
78. Алешкин АВ, Светоч ЭА, Воложанцев НВ, Киселева ИА, Рубальский ЕО, Ершова ОН, и др. Инновационные направления использования бактериофагов в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. Бактериология. 2016;1(1):22-31. / Aleshkin AV, Svetoch EA, Volozantsev NV, Kiseleva IA, Rubalsky EO, Ershova ON, Novikova L.I. Innovative directions for using bacteriophages in the sphere of sanitary and epidemiological welfare of the Russian Federation. *Bacteriology*. 2016; 1(1): 22–31. DOI: 10.20953/2500-1027-2016-1-22-31
79. Алешкин АВ, Ларина ЮВ, Воложанцев НВ, Зейгарник МВ, Киселёва ИА, Верёвкин ВВ, и др. Опыт деконтаминации пищевых полуфабрикатов с помощью бактериофагов. Вопросы диетологии. 2015;5(1):24-30. / Aleshkin AV, Larina YuV, Volozhantsev NV, Zeygarnik MV, Kiseleva IA, Verevkin VV, et al. An experience of decontamination of semi-processed foods using bacteriophages. *Vopr. dietol*. 2015;5(1):24-30. (Nutrition).
80. Алешкин АВ, Зулкарнеев ЭР, Киселева ИА, Емельяненко КА, Емельяненко АМ, Бойнович ЛБ. Опыт использования органо-неорганических гибридных покрытий с сорбированными бактериофагами для снижения риска развития STEC-инфекций. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018;165(4):473-476. / Aleshkin AV, Zulkarneev ER, Kiseleva IA, Emelianenko CA, Emelyanenko AM, Boinovich LB. Experience in the use of organo-inorganic hybrid surfaces with sorbed bacteriophages to reduce the risk of developing STEC infections. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2018;165(4):473-476.
81. Lone A, Anany H, Hakeem M, Aguis L, Avdjian AC, Bouget M, et al. Development of prototypes of bioactive packaging materials based on immobilized bacteriophages for control of growth of bacterial pathogens in foods. *Int J Food Microbiol*. 2016 Jan 18;217:49-58. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.10.011
82. Cui H, Yuan L, Lin L. Novel chitosan film embedded with liposome-encapsulated phage for biocontrol of *Escherichia coli* O157:H7 in beef. *Carbohydr Polym*. 2017 Dec 1;177:156-164. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.08.137
83. Abaev I, Foster-Frey J, Korobova O, Shishkova N, Kiseleva N, Kopylov P, et al. Staphylococcal phage 2638A endolysin is lytic for *Staphylococcus aureus* and harbors an inter-lytic-domain secondary translational start site. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2013 Apr;97(8):3449-56. DOI: 10.1007/s00253-012-4252-4
84. Misiou O, van Nassau TJ, Lenz CA, Vogel RF. The preservation of *Listeria*-critical foods by a combination of endolysin and high hydrostatic pressure. *Int J Food Microbiol*. 2018 Feb 2;266:355-362. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.004
85. Ibarra-Sanchez LA, Van Tassel ML, Miller MJ. Antimicrobial behavior of phage endolysin PlyP100 and its synergy with nisin to control *Listeria monocytogenes* in Queso Fresco. *Food Microbiol*. 2018 Jun;72:128-134. DOI: 10.1016/j.fm.2017.11.013
86. Guo T, Xin Y, Zhang C, Ouyang X, Kong J. The potential of the endolysin Lysdb from *Lactobacillus delbrueckii* phage for combating *Staphylococcus aureus* during cheese manufacture from raw milk. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2016 Apr;100(8):3545-54. DOI: 10.1007/s00253-015-7185-x
87. Kazanavičiūtė V, Misiūnas A, Gleba Y, Giritch A, Ražanskienė A. Plant-expressed bacteriophage lysins control pathogenic strains of *Clostridium perfringens*. *Sci Rep*. 2018 Jul 12;8(1):10589. DOI: 10.1038/s41598-018-28838-4

88. Perricone M, Arace E, Corbo MR, Sinigaglia M, Bevilacqua A. Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. *Front Microbiol.* 2015 Feb 9;6:76. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00076
89. Gomes MS, Cardoso MD, Guimarães AC, Guerreiro AC, Gago CM, Vilas Boas EV, et al. Effect of edible coatings with essential oils on the quality of red raspberries over shelf-life. *J Sci Food Agric.* 2017 Feb;97(3):929-938. DOI: 10.1002/jsfa.7817
90. Santos MIS, Martins SR, Verissimo CSC, Nunes MJC, Lima AIG, Ferreira RMSB, et al. Essential oils as antibacterial agents against food-borne pathogens: Are they really as useful as they are claimed to be? *J Food Sci Technol.* 2017 Dec;54(13):4344-4352. DOI: 10.1007/s13197-017-2905-0
91. Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke P. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential, and interactions with food components. *Food Microbiol.* 2009 Apr;26(2):142-50. DOI: 10.1016/j.fm.2008.10.00
92. Perricone M, Arace E, Corbo MR, Sinigaglia M, Bevilacqua A. Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. *Front Microbiol.* 2015 Feb 9;6:76. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00076.
93. Sharifi-Rad M, Varoni EM, Iriti M, Martorell M, Setzer WN, Del Mar Contreras M, et al. Carvacrol and human health: A comprehensive review. *Phytother Res.* 2018 Sep;32(9):1675-1687. DOI: 10.1002/ptr.6103.
94. Ramanathan S, Arunachalam K, Chandran S, Selvaraj R, Shunmugiah KP, Arumugam VR. Biofilm inhibitory efficiency of phytol in combination with cefotaxime against nosocomial pathogen *Acinetobacter baumannii*. *J Appl Microbiol.* 2018 Jul;125(1):56-71. DOI: 10.1111/jam.13741
95. Raimundo KF, Bortolucci WC, Glamočlija J, Soković M, Gonçalves JE, Linde GA, et al. Antifungal activity of *Gallesia integrifolia* fruit essential oil. *Braz J Microbiol.* 2018 Apr 12. pii: S1517-8382(17)31065-1. DOI: 10.1016/j.bjm.2018.03.006.
96. Alanazi S, Alnoman M, Banawas S, Saito R, Sarker MR. The inhibitory effects of essential oil constituents against germination, outgrowth and vegetative growth of spores of *Clostridium perfringens* type A in laboratory medium and chicken meat. *Food Microbiol.* 2018 Aug;73:311-318. DOI: 10.1016/j.fm.2018.02.003
97. Khatibi SA, Misaghi A, Moosavy MH, Akhondzadeh Basti A, Mohamadian S, Khanjari A. Effect of nanoliposomes containing *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on gene expression of Shiga toxin 2 in *Escherichia coli* O157:H7. *J Appl Microbiol.* 2018 Feb;124(2):389-397. DOI: 10.1111/jam.13641.
98. Araújo MK, Gumiela AM, Bordin K, Luciano FB, Macedo REF. Combination of garlic essential oil, allyl isothiocyanate, and nisin Z as bio-preservatives in fresh sausage. *Meat Sci.* 2018 Sep;143:177-183. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.05.002
99. Mohamed SH, Mohamed MSM, Khalil MS, Azmy M, Mabrouk MI. Combination of essential oil and ciprofloxacin to inhibit/eradicate biofilms in multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *J Appl Microbiol.* 2018 Jul;125(1):84-95. DOI: 10.1111/jam.13755

Информация об авторе:

Ермоленко Зинаида Михайловна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории антимикробных препаратов отдела молекулярной микробиологии ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора
Адрес: 142279, Московская область, Серпуховский район, п. Оболенск, ФБУН ГНЦ ПМБ
Телефон: (4967) 36-0079

Information about author:

Zinaida M. Ermolenko, PhD (in Biology), junior researcher of Antimicrobial Agents Laboratory, Molecular Microbiology Department, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology
Address: SRCAMB, 142279 Obolensk, Serpukhov district, Moscow region, Russian Federation
Phone: (4967) 36-0079

Новый тест для быстрой диагностики сепсиса

Исследователи разработали тест, который может быстро и надежно диагностировать сепсис, потенциально опасное для жизни осложнение бактериальных инфекций.

Быстрая диагностика сепсиса у госпитализированных пациентов имеет решающее значение, поскольку в тяжелых случаях среднее снижение выживаемости пациентов – 7,6% в час от начала низкого кровяного давления без эффективного противомикробного лечения. Ранняя идентификация патогена увеличивает вероятность правильного лечения и поможет избежать злоупотребления антибиотиками.

Описывается так называемая мультиплексная система обнаружения ПЦР в режиме реального времени на основе TaqMan, которая позволяет быстро обнаруживать 10 наиболее частых бактериальных патогенов из образцов крови.

Предполагается, что остаточные фрагменты ДНК бактерий могут быть обнаружены этой системой, даже если они были уничтожены антибактериальными препаратами или иммунной системой.

Liu C.-F, Shi X.-P, Chen Y, Jin Y, Zhang B.
Rapid diagnosis of sepsis with TaqMan-Based multiplex real-time PCR.

J Clin Lab Anal. 2018 Feb;32(2). DOI: 10.1002/jcla.22256

