УДК 53.06:637.5.03:637.5.072

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ ПАТОГЕННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

[1]Волков А.Ю., [2]Донскова Л.А., [2]Коткова В.В.

[1]ФГБУН «Институт физики металлов имени М.Н. Михеева» УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: volkov@imp.uran.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург, e-mail: cafedra@list.ru, kiki-ekb@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы загрязнения мяса и мясных продуктов микроорганизмами, для решения которых предлагается использование воздействия на микрофлору высокого гидростатического давления. Материалом для исследования послужили образцы мясной говяжьей обрези. При этом для проведения исследований были смоделированы опытные группы, образцы которых были инъецированы чистыми культурами микроорганизмов рода *Salmonella*, рода *Listeria*, а также колиформными бактериями. Контрольную группу составили образцы с фоновым содержанием микроорганизмов. Образцы подвергались воздействию высокого гидростатического давления, величина которого составила 250 МПа, время экспозиции 5, 15 и 30 минут. Микробиологическая оценка проводилась на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 и 034/2013 с использованием общепринятых методов исследований. Установлено, что наиболее восприимчива к высокому давлению – *Listeria*, так как при всех длительностях воздействия (5, 15, 30 мин) не обнаруживалась. К летальному исходу микроорганизмов рода *Salmonella* приводит более длительная экспозиция при прочих равных условиях. Общая микробная обсемененность при 5-минутной экспозиции остается практически без изменений, при 15–30-минутной обработке – наблюдаются колебания в сторону снижения. Наименее восприимчивы к давлению БГКП, их наличие установлено в 2 случаях из 4 при экспозиции 5 минут, и в 1 случае из 4 – при 15-минутной экспозиции. В целом результаты исследований позволяют рекомендовать использовать высокое гидростатическое давление как метод решения проблемы загрязнения мясного сырья.

Ключевые слова: безопасность, мясо, высокое гидростатическое давление, КМАФАнМ, КОЕ/г, БГКП, *Salmonella*, *Listeria*

THE USE OF HIGH PRESSURE TO SOLVE THE PROBLEM OF POLLUTION OF MEAT RAW MATERIALS BY PATHOGENIC MICROORGANISMS

[1]Volkov A.Yu., [2]Donskova L.A., [2]Kotkova V.V.

[1]M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, e-mail: volkov@imp.uran.ru;

[2]Federal state educational budgetary institution «Ural State University of Economics», Yekaterinburg, e-mail: cafedra@list.ru, kiki-ekb@yandex.ru

The article deals with the issues of contamination of meat and meat products by microorganisms, for the solution of which it is proposed to use the impact on the microflora of high hydrostatic pressure. Experimental groups were simulated for the research, the samples of which were injected with pure cultures of microorganisms of the genus *Salmonella*, the genus *Listeria*, as well as coliform bacteria. The control group consisted of samples with background content of microorganisms. The samples were exposed to high hydrostatic pressure, the value of which was 250 MPa, exposure time 5, 15 and 30 minutes. Microbiological assessment was carried out for compliance with the requirements of TR CU 021/2011 and 034/2013 using generally accepted research methods. *Listeria* was found to be the most susceptible to high pressure, since it was not detected at all exposure durations (5, 15, 30 min). To lethal outcome of microorganisms of the genus *Salmonella* leads the longer exposure, other things being equal. The total microbial contamination at 5-minute exposure remains virtually unchanged, with 15-30-minute treatment – there are fluctuations in the downward direction. The least susceptible to pressure bgkp, their presence is established in 2 cases out of 4 at exposure of 5 minutes, and in 1 case out of 4 – at 15 minute exposure. In General, the results of the research allow us to recommend the use of high hydrostatic pressure as a method of solving the problem of contamination of meat raw materials.

Keywords: safety, meat, high hydrostatic pressure, QMAFAnM, CFU/g, CGB, BGKP, *Salmonella*, *Listeria*

В мясоперерабатывающей промышленности одной из наиболее острых проблем является нехватка высококачественного сырья [1, 2], что обусловливает зачастую использование низкосортного и/или несортового сырья. Использование низкокачественных сырьевых ресурсов наиболее часто применяется в производстве тех мясопродуктах, которые находятся в относительно низких ценовых диапазонах, и значит, являясь продуктами массового спроса, представляют собой угрозу безопасности здоровью и жизни потребителей. Одной из причин непригодности мясного сырья для пищевых целей является его обсемененность микроорганизмами, в том числе патогенными.

Микроорганизмы в продуктах питания – это наиболее значимый фактор био-

логической безопасности и экономического ущерба, указывает С.А. Шевелева [3], 70% из всех регистрируемых болезней человека и 30% всех смертей обусловлено инфекциями, подчеркивает исследователь.

Вопросам обеспечения качества и безопасности используемого мясного сырья и выпускаемых продуктов, оценке их стабильности, в том числе и в микробиологическом плане, на всех этапах производства посвящены исследования многих ученых. Например, Д.С. Батаева и др. [4] отмечают, что неудовлетворительные условия получения, первичной обработки и хранения сырья становятся основной причиной интенсивного накопления широкого спектра условно-патогенной и патогенной микрофлоры, на фоне которого возможно присутствие наиболее опасных возбудителей пищевых инфекций. И если в изделиях, прошедших термическую обработку в технологическом процессе, высокая микробная обсемененность в целом и патогенными микроорганизмами в частности не превышают нормативных значений, то в полуфабрикатной группе весь первоначальный видовой состав микробного населения остается без изменений, а в ряде случаев и расширяется, обсеменяясь из окружающей среды цехов и поверхностей машин. В исследованиях А.М. Абдуллаевой, выявлено, что 19–23% реализуемых полуфабрикатов из мяса птицы имеют повышенное КМАФАнМ, КОЕ/г, а в 15–17% образцов этот показатель достигал верхних пределов уровней, допустимых нормативными документами [5].

Бактериальное заражение продуктов питания патогенными микроорганизмами грозит потребителю пищевыми отравлениями, протекающими тяжело и нередко заканчивающимися трагедией [6]. Учитывая, что в последние десятилетия в экономически развитых странах отмечается увеличение удельного веса инфекций, вызываемых условно-патогенными микроорганизмами, которые являются причиной возникновения более 100 различных нозологических форм гнойно-воспалительных заболеваний, отмечают С.М. Омарова, А.И. Алиева и др. [7], проблема представляет собой актуальную тематику для исследований.

Система обеспечения микробиологической безопасности пищевых продуктов включает организационно-надзорные мероприятия, к существующим методам обеспечения микробиологической безопасности и хранимоспособности пищевых продуктов относят и использование консервантов, современные виды и способы упаковывания, деконтаминацию мясного сырья, замораживание, термическую стерилизацию [8]. В мировой практике при производстве мясных продуктов применяют физические, химические и биологические факторы, являющиеся основой технологических процессов, обеспечивающих качество и безопасность вырабатываемых изделий, и с использованием которых сформирована «теория барьеров» [9].

Микробиологические аспекты всех этапов изготовления мясной продукции имеют существенную значимость для специалистов мясной отрасли. Им важны знания по жизнеспособности микрофлоры в зависимости от применяемых технологий. Это относится и к физическим методам, являющимся главенствующими при изготовлении мясных продуктов, а именно высокому давлению, которое находит все более широкое применение в пищевой индустрии, в том числе в мясной промышленности. По состоянию на 2010 г. в мировой практике пищевой отрасли функционировало 130 установок высокого давления, особенно для обработки упакованной продукции [9]. Следует отметить, что исследования влияния гидростатического давления на микроорганизмы были начаты Клодом ЗоБеллом и Френком Джонсоном в 1949, при этом исследователи классифицировали все микроорганизмы на несколько групп, взяв за основу их чувствительность к высокому гидростатическому давлению: пьезочувствительные (барочувствительные), пьезотолерантные (баротолерантные), пьезофильные (барофильные) и облигатные (экстремальные) пьезофилы (облигатные барофилы)[10].

Вместе с тем следует отметить, в литературе, несмотря на достаточное количество научных публикаций, недостаточно отражены вопросы, связанные с решением данной проблемы, кроме того, отсутствуют единые общепринятые критерии обработки разных видов мясных продуктов, рецепт для выбора оптимального сочетания различных параметров обработки и другие, указывает И.В. Нога [11]. С учетом того, что мясные продукты – один из основных видов потребляемой человеком продукции, с наиболее острыми проблемами обеспечения микробиологической безопасности и сроков годности, целью нашего исследования явилось изучение возможностей практической реализации высокого гидростатического давления для решения проблемы заражения мясного сырья патогенными микроорганизмами.

Материалы и методы исследования

Теоретическую базу исследований составили классические труды отечественных и зарубежных ученых в области микро-

биологических исследований пищевых продуктов [12–14] и научные публикации [15, 16]. Исследования проводили на базе аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» и лаборатории ФГБУ «Свердловский референтный центр Россельхознадзора» (г. Екатеринбург). Материалом для исследования послужили пробы мяса говядины в виде говяжьей обрези – небольшие кусочки бескостного мяса с содержанием жировой ткани не более 70 мас. %, без шкуры, полученные в процессе разделки или обвалки мяса и предназначенные для промышленного применения. Выбор объекта обусловлен тем, что в настоящее время мясная обрезь является одним из распространенных видов сырья, используемого на предприятиях отрасли и поступающего по импорту, а учитывая форму и размеры обрезных кусочков, химический состав, наличие большого количества технологических операций, мясная обрезь представляет собой благоприятную среду для развития микроорганизмов. Из проб охлажденной говяжьей обрези были сформированы четыре группы: контрольная с фоновым содержанием микроорганизмов и три опытных. В опытные образцы 2-й, 3-й и 4-й групп (опытная) намеренно были внесены чистые культуры микроорганизмов рода *Salmonella*, рода *Listeria*, а также колиформные бактерии. Гидростатическая обработка образцов высоким давлением проводилась на экспериментальной установке (рисунок), разработанной в Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург). Образцы обрабатывались давлением 250 МПа при разных экспозициях – 5, 15 и 30 минут.

Гидростат и лабораторная установка М-20 для обработки образцов жидкостью высокого давления до 250 МПа и до 2000 МПа в температурном интервале 20–250 °С

Для мясного сырья и мясопродуктов разработаны специальные гигиенические нормативы безопасности в соответствии с ТР ТС «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) и «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013), которые включают в себя критерии микробиологической безопасности, определяющие следующие группы микроорганизмов: 1) санитарно-показательные (КМАФАнМ, БГКП, бактерии семейства Enterobacteriacae, энтерококки); 2) условно-патогенные (*E. coli*, *S. aureus*, бактерии рода *Proteus*, *B. cereus*, *V. parahemoliticus*, сульфитредуцирующие клостридии); 3) патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, *L. monocytogenes*).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Влияние барообработки на микрофлору говяжьей обрези

Наименование и № образца	Внесение микрофлоры	Результаты микробиологического анализа			
		Фон	250 МПа, 5 мин	250 МПа. 15 мин	250 МПа, 30 мин
Образец 1 – обрезь говяжья охл.	БГКП	БГКП, КМАФАнМ более $3,0*10^6$	КМАФАнМ более $3,0*10^6$	КМАФАнМ $2,8*10^6$	КМАФАнМ $1,1*10^6$
Образец 2 – обрезь говяжья охл.	Сальмонелла	Листерия, КМАФАнМ более $3,0*10^6$	БГКП, КМАФАнМ $1,7*10^6$	Сальмонелла, КМАФАнМ $1,1*10^6$	КМАФАнМ $4,2*10^5$
Образец 3 – обрезь говяжья охл.	Листерия	БГКП листерия, КМАФАнМ $4,0*10^4$	КМАФАнМ $2,5*10^6$	КМАФАнМ $2,5*10^6$	КМАФАнМ $4,7*10^5$
Образец 4 – обрезь говяжья охл.	Без инъецирования микроорганизмами	БГКП, листерия, КМАФАнМ более $3,0*10^6$	БГКП, КМАФАнМ $2,4*10^6$	БГКП, КМАФАнМ $2,2*10^6$	КМАФАнМ $2,9*10^6$

Наиболее распространенным тестом микробиологического контроля пищевых продуктов является определение общего количества микроорганизмов, обнаруженных в единице объема или массы сырья, которое характеризуется показателем КМАФАнМ. Отклонение КМАФАнМ от допустимых норм свидетельствует о нарушении санитарно-гигиенического режима производства, правил транспортировки и хранения. Показатель КМАФАнМ характеризует качество пищевого продукта и его безопасность для потребителя. Исследованиями установлено, что общая микробная обсемененность при нормативе «не более $5{,}0*10^6$» при 5-минутной экспозиции остается практически без изменений, при 15–30-минутной – наблюдаются колебания в сторону снижения при разбросе от 2 до 20 раз или остается без изменений.

Микроорганизмы рода *Salmonella* – одна из наиболее распространенных причин болезней пищевого происхождения в виде острых кишечных инфекций. Сальмонеллы в настоящее время признаны индикаторными для всей группы патогенных кишечных бактерий. Например, в Дании болезни людей, вызываемые *Salmonella* spp., составляют 17%. В США общие издержки за год, связанные с сальмонеллезом, составляют до 3 млрд долл. [9]. Во многих пищевых продуктах наличие сальмонелл не допускается в 25 г ($см^3$). При определении влияния высокого гидростатического давления на патогенные микроорганизмы установлено, что более длительная экспозиция при прочих равных условиях приводит к их летальному исходу. Полученные данные согласуются с данными [17] об исследовании влияния высокого гидростатического давления на выживаемость и уровень мутагенеза *Salmonella typhimurium*, которыми установлено, что значительное снижение выживаемости бактерий происходит при воздействии ВГД 200 МПа и выше.

Listeria monocytogenes – представитель рода *Listeria*, возбудитель инфекционного заболевания – листериоза. Листерии были открыты в 1926 г. и получили свое родовое название по фамилии английского хирурга Д. Листера. Исходя из мировой статистики, листериоз не слишком распространенное заболевание, в год регистрируется около 10 случаев на 1 миллион человек в зависимости от стран и регионов. Тем не менее эта инфекция представляет значительную проблему в области здравоохранения, так как смертность доходит до 20%. [18, с. 62]. История изучения листериозной инфекции насчитывает более 100 лет. Листерия моноцитогенес является грамположительной бактерией, которая широко распространена как в сельскохозяйственной (почва, растительный покров, силос, фекалии, нечистоты, вода) и аквахозяйственной среде, так и в пищевой промышленности. В мясном сырье, ингредиентах, готовой продукции эти микроорганизмы выявляются в различных странах, в том числе и России. Даже при изначально низком уровне присутствия *L. monocytogenes* в зараженном продукте микроорганизм может размножиться во время хранения в пищевых продуктах, которые поддерживают его рост, и даже при низких температурах [19]. Контроль на их наличие в пищевых продуктах в нашей стране является обязательным. Исследованиями установлено, что листерия наиболее восприимчива к барообработке, так как при всех длительностях воздействия в 5, 15, 30 мин наличие листерии не установлено ни в контрольном ни в опытных образцах.

Обнаружение БГКП, или колиформных бактерий в пищевых продуктах свидетельствует об их фекальном загрязнении. Данные бактерии могут попадать в продукты из воды, с оборудования, рук рабочего персонала и из других источников. Исследованиями установлено, что БГКП наименее восприимчивы к давлению, их наличие установлено в 2 случаях из 4 при экспозиции 5 минут, и в 1 случае из 4 – при 15-минутной экспозиции.

При 30-минутной экспозиции патогенные микроорганизмы и колиформы в исследуемых образцах не обнаруживаются.

Заключение

По мнению авторов, полученные результаты существенно дополняют имеющиеся о влиянии высокого гидростатического давления на микрофлору мясных продуктов. Показана возможность моделирования микробиологической среды при изучении вопроса о решении проблемы загрязненности мясного сырья. На основании полученных результатов можно рекомендовать применение метода обработки высоким гидростатическим давлением для решения проблемы загрязненности мясного сырья патогенными микроорганизмами, таким образом, приводя свою продукцию в соответствие с требованиями государственных нормативных документов к безопасности пищевых продуктов. Вместе с тем исследования позволили выявить направления дальнейших исследований: приведение параметров обработки высоким давлением в зависимости от объекта исследований, создание базы данных о возможностях обработки сырья и готовой продукции в мясной индустрии,

встраивание процессов обработки в технологические процессы предприятия.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-016-00082 «Влияние обработки высоким гидростатическим давлением (до 10000 атмосфер) на физические свойства, микробиологические показатели и сроки хранения различных пищевых продуктов»).

Список литературы

1. Живаева М.А. Проблемы обеспечения мясной промышленности качественным отечественным сырьем // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2013. № 3. С. 47–50.

2. Горнин Л.В. Проблемы участия мясоперерабатывающей промышленности в импортозамещении и роль государства в их решении // Фундаментальные исследования. 2016. № 1–1. С. 127–130.

3. Шевелева С.А. Микробиологическая безопасность пищевых продуктов: проблемы и пути решения [Электронный ресурс]. URL: http://snipchi.ru/updoc/2019/Prezent/%D0%A8%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%B2%D0%B0%20%D0%A1.%D0%90..pdf (дата обращения: 15.11.2019).

4. Батаева Д.С., Юшина Ю.К., Зайко Е.В. Идентификация микробиологических рисков контаминации туш крупного рогатого скота и свиней патогенными микроорганизмами при убое и переработке // Теория и практика переработки мяса. 2016. № 2. С. 34–41.

5. Абдуллаева А.М., Серегин И.Г., Никитченко В.Е. Микробиологический мониторинг коммерческих полуфабрикатов из мяса птицы // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Vol. 12. № 4. С. 350–358.

6. Гущин В.В., Риза-Заде Н.И., Русанова Г.Е. Проблема безопасности птицепродуктов и пути ее решения // Птица и птицепродукты. 2009. № 2. С. 44–49.

7. Омарова С..М., Алиева А.И., Абсерханова Д.У., Меджидова Д.Ш. Мониторинг обсемененности условно-патогенными микроорганизмами различных объектов родовспомогательного стационара // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 120–122.

8. Кобялко В.О., Саруханов В.Я., Полякова И.В., Дыдыкин А.С. Радиационная обработка мясной и рыбной продукции [Электронный ресурс]. URL: http://rt2018.rirae.ru/images/Documents/27Sept/11.30-15.30_Effectiv/08 Kobyalko%20VO%20Meat.pdf (дата обращения: 15.11.2019).

9. Костенко Ю.Г. Руководство по санитарно-микробиологическим основам и предупреждению рисков при производстве и хранении мясной продукции. М.: ВНИИМП, 2015. 586 с.

10. Гидростатическое давление [Электронный ресурс]. URL: http://www.bio.bsu.by/microbio/files/eco/l3_P_UZ_Magnit_Sviet.pdf (дата обращения: 15.11.2019).

11. Нога И.В. Термодинамика воздействия высокого давления и температуры на микроорганизмы и витамины // Физика и техника высоких давлений. 2006. Т. 16. № 3. С. 126–136.

12. Жарикова Г.Г. Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена: учебник. М.: Академия, 2005. 304 с.

13. Блекберн К. де В. Микробиологическая порча пищевых продуктов. СПб.: Профессия, 2008. 784 с.

14. Современная пищевая микробиология / Под ред. Дж.М. Джеймс; пер. с англ. Е. Баранова. М.: Бином, 2012. 888 с.

15. Татарникова Н.А., Мауль О.Г. Патогенная микрофлора мяса и мясных продуктов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. Ветеринария. 2015. № 1. С. 87–89.

16. Минаев М.Ю., Батаева Д.С., Краснова М.А. Аспекты санитарно-микробиологического контроля охлажденного мяса // Всё о мясе. 2008. № 6. С. 49–50.

17. Карамова Н.С., Зеленихин П.В., Киселев В.Д., Липатникова А.А., Ильинская О.Н. Влияние высокого гидростатического давления на жизнеспособность и уровень мутагенеза *salmonella typhimurium* // Экологическая генетика. 2015. Т. XIII. № 4. С. 99–107.

18. Кареткина Г.Н. Листериоз // Лечащий врач. 2008. № 9. 87 с.

19. ФАО и ВОЗ (2007): Методические указания по применению общих принципов гигиены пищевых продуктов для контроля бактерии листерия моноцитогенес (listeria monocytogenes) в пищевых продуктах (CAC/GL 61-2007) [Электронный ресурс]. URL: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh (дата обращения: 15.11.2019).