

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 614.31:637.5

Кудряшов Л.С.¹, Тихонов С.Л.², Тихонова Н.В.², Позняковский В.М.², Стожко Н.Ю.², Кудряшова О.А.³**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЯСА И ЕГО СОХРАННОСТЬ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ**¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова», 109316, Москва;²ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» Минобрнауки РФ, 620144, Екатеринбург;³ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» РФ, 125080, Москва

Введение. Целью исследования являлась гигиеническая характеристика мяса, обработанного высоким давлением, по органолептическим и микробиологическим показателям, процессам окислительной порчи и изменению химического состава в процессе хранения.

Материал и методы. Для эксперимента сформировали контрольную и опытную группы, включающие 5 образцов говядины массой 500 г из лопаточной части туши через 48 ч после убоя крупного рогатого скота (бычки черно-пестрой породы 18-месячного возраста). Мясо хранилось при температуре +4 °С. Опытные образцы мяса подвергали воздействию давлением 800 МПа в течение 5 мин с помощью экспериментальной установки – гидростата. Исследования проводили по общепринятым методикам.

Результаты. Установлено, что образцы мяса, обработанные высоким давлением, после 60 сут холодильного хранения соответствовали требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Мясо в вакуумно-плёночной упаковке, обработанное давлением 800 МПа в течение 5 мин., действует губительно на микробные клетки, предотвращает распад белка, тормозит окислительные процессы липидных компонентов.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение высокого давления в технологии хранения мяса способствует увеличению его сроков годности без использования консервантов.

Ключевые слова: мясо; обработка высоким давлением; сроки годности.

Для цитирования: Кудряшов Л.С., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В., Позняковский В.М., Стожко Н.Ю., Кудряшова О.А. Гигиеническая характеристика мяса и его сохранность при обработке высоким давлением. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(3): DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-3>

Для корреспонденции: Тихонов Сергей Леонидович, доктор тех. наук, проф., зав. кафедрой пищевой инженерии Уральского государственного экономического университета. E-mail: tihonov75@bk.ru

Kudryashov L.S.¹, Tikhonov S. L.², Tikhonov N. B.², Poznyakovsky V. M.², Stozhko N. Yu.², Kudryashova O. A.³
HYGIENIC CHARACTERISTICS OF MEAT AND ITS SAFETY WHEN HANDLING UNDER HIGH PRESSURE

¹V.M. Gorbatov All-Russian Research Institute of Meat Industry, Moscow, 109316, Russian Federation;

²Ural State Economic University, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation;

³Moscow State University of Food Production, Moscow, 125080, Russian Federation

Introduction. The aim of the study was the hygienic characteristics of meat treated with high pressure, according to organoleptic and microbiological parameters, the processes of oxidative damage and changes in the chemical composition during storage.

Material and methods. For the experiment, a control and experimental group were selected, including 5 samples of beef weighing 500 g from the shoulder meat 48 hours after the slaughter of cattle (black-and-white bulls of 18-months age). The meat was stored at a temperature of +4 °C. The experimental samples of meat were exposed to the pressure of 800 MPa for 5 min using an experimental hydrostat unit. The research was carried out according to the generally accepted methods.

Results. Samples of meat processed by high pressure after 60 days of cold storage were established to meet the requirements of the technical regulations of the Customs Union "On food safety" (TR CU 021/2011). Meat in vacuum film packaging, processed at a pressure of 800 MPa for 5 min., has a detrimental effect on microbial cells, prevents protein breakdown, inhibits the oxidative processes of lipid components.

Conclusion. The application of high pressure in meat storage technology helps to increase its shelf life without the use of preservatives.

Key words: meat; high-pressure treatment; fresh sales life.

For citation: Kudryashov L.S., Tikhonov S.L., Tikhonov N.B., Poznyakovsky V.M., Stozhko N.Yu., Kudryashova O.A. Hygienic characteristics of meat and its safety when handling under high pressure. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(3): . (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-3>

For correspondence: Sergei L. Tikhonov; MD, Ph.D., DSci., professor, Head of the Department of food engineering of the Ural State Economic University, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation. E-mail: tihonov75@bk.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: 04 April 2017

Accepted: 18 October 2017

Одними из приоритетных направлений пищевой и перерабатывающей промышленности является разработка способов увеличения сроков годности продовольственного сырья и пищевых продуктов без применения пищевых добавок, обладающих консервирующим действием. Следует отметить, что существующие способы хранения натуральных пищевых продуктов не всегда обеспечивают их гигиенические показатели, поэтому основным вектором развития современных технологий пищевой продукции является использование пищевых добавок, продлевающих сроки хранения, и физических методов обработки, ингибирующих процессы размножения бактериальных клеток.

Известно, что консервирование с использованием высоких температур негативно влияет на качество и потребительские свойства пищевых продуктов вследствие разрушения микронутриентов. В связи с этим представляется актуальным разработка альтернативных традиционных или инновационных способов консервирования, хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов, обеспечивающих регламентируемые показатели качества и безопасности. В большей степени это относится к скоропортящимся пищевым продуктам, в частности, к мясу и мясопродуктам.

В настоящее время использование высокого давления для обеспечения сохранности пищевых продуктов без снижения их пищевой ценности вызывает большой интерес как в нашей стране, так и за рубежом, что объясняется его бактерицидным действием вследствие разрыва клеточной стенки микроорганизмов и разрушения клеточных органелл [1–3]. При кратковременной обработке мяса давлением более 500 МПа конформация белковых молекул мяса не отмечается, при этом происходит укрепление водородных связей, ответственных за стабилизацию структуры пептидов мышечной ткани, что позволяет предупредить денатурационные процессы и сохранить структуру мяса [4, 5]. Из литературных источников [6–8] известно, что высокое давление является одним из перспективных методов обработки пищевого сырья с целью увеличения его сроков годности.

Стабильность и срок годности мяса при холодильном хранении (температура +4°C) зависит от различных и взаимосвязанных факторов, в частности, от микробиологической нагрузки и активации процессов окисления липидов. Но основным, определяющим срок годности мяса и мясопродуктов, является микробиологический фактор. Для защиты мяса от контаминации микроорганизмами используют различные виды упаковки: модифицированная газовая упаковка (МГС) – упаковка с пониженным содержанием кислорода, регулируемая газовая среда (РГС) – вакуумная упаковка.

Мясо, как правило, хранят в МГС-упаковке, содержащей 80% кислорода и 20% углекислого газа [9]. При хранении мяса в указанной МГС-упаковке высокие концентрации кислорода способствует образованию оксимиоглобина, стабилизирующего цвет мяса, делая его привлекательным для потребителя. Следует отметить, что использование этого вида упаковки имеет определённые негативные последствия для качества продукта, в частности, усиление процессов окисления липидов, обуславливающих развитие нежелательных привкусов. Окисление полиненасыщенных жирных кислот не только является причиной быстрого прогоркания мяса, но и влияет на цвет, свойства пигментов и консистенцию мяса. Изменения цвета происходят в результате окисления фосфолипидов клеточных мембран [10, 11].

Из вышеизложенного следует, что МГС-упаковка не обеспечивает сохранность мяса. Решением этого вопро-

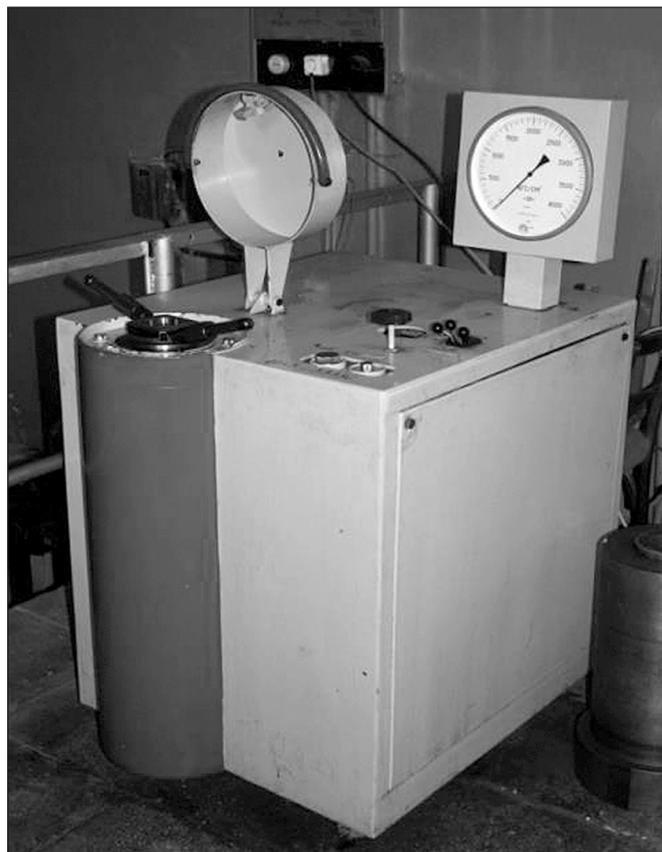


Рис. 1. Установка высокого давления (гидростат).

са может стать принципиально новый способ хранения мяса в вакуумно-плёночной упаковке, состоящий в использовании технологии обработки мяса высоким давлением, что позволит обеспечить гибель всех микроорганизмов как на поверхности, так внутри мышечной ткани. Использование высокого давления при обработке продовольственного сырья и пищевых продуктов наряду с бактерицидным действием имеет и другие положительные моменты: не снижается пищевая и биологическая ценности [2].

В связи с этим целью исследования является гигиеническая характеристика мяса, обработанного высоким давлением, по органолептическим и микробиологическим показателям, процессам окислительной порчи и изменению химического состава в процессе хранения.

Материал и методы

Для эксперимента сформировали контрольную и опытную группы, включающие 5 образцов говядины массой 500 г из лопаточной части туши через 48 ч после убоя крупного рогатого скота (бычки черно-пестрой породы 18-месячного возраста). Мясо хранилось при температуре +4°C. Опытные образцы мяса подвергали воздействию давлением 800 МПа в течение 5 мин с помощью экспериментальной установки – гидростата (рис. 1).

Установка высокого давления (гидростат) обладает следующими техническими характеристиками:

- рабочее давление – 800 – 1000 МПа;
- максимальное давление – 1200 МПа,
- время выхода на режим – 2–3 мин.,
- рабочая жидкость – смесь индустриального масла и глицерина.

Органолептические показатели свежести контрольных и опытных образцов мяса ($n = 5$)

Показатель	Группа	
	1 (контрольная)	2 (опытная)
<i>После 30 сут хранения:</i>		
Внешний вид и цвет	Местами увлажнено; темно-красного цвета	Имеет корочку подсыхания; бледно-красного цвета
Мышцы на разрезе	Влажные, оставляют влажное пятно на фильтровальной бумаге, слегка липкие, темно-красного цвета	Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге
Консистенция	На разрезе менее плотная и менее упругая; образующаяся при надавливании пальцем ямка выравнивается медленно	Упругая, плотная, ямка, образующаяся при надавливании пальцем ямка быстро выравнивается
Запах	Слегка кисловатый	Специфический, свойственный говядине
Состояние жира	Имеет серовато-матовый оттенок, слегка липнет к пальцам	Желтоватый, твердой консистенции, при раздавливании крошится
Аромат бульона	С запахом, не свойственным свежему бульону	Ароматный
Прозрачность бульона	Слегка мутный	Прозрачный
<i>После 60 сут хранения:</i>		
Внешний вид и цвет	Сильно подсохшее, покрытое слизью серовато-коричневого цвета	Имеет корочку подсыхания; бледно-красного цвета
Мышцы на разрезе	Влажные, оставляют влажное пятно на фильтровальной бумаге, липкие, красно-коричневого цвета	Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге
Консистенция	Дряблая, образующаяся при надавливании пальцем ямка не выравнивается	Упругая, плотная, образующаяся при надавливании пальцем ямка быстро выравнивается
Запах	Кислый	Специфический, свойственный говядине
Состояние жира	Имеет серовато-матовый оттенок, при раздавливании мажется	Желтоватый, твердой консистенции, при раздавливании крошится
Аромат бульона	С резким, неприятным запахом	Ароматный
Прозрачность бульона	Мутный, с большим количеством хлопьев	Прозрачный

Перед обработкой мясо помещали в вакуумно-плёночную герметичную упаковку. Такой упаковочный материал обладает необходимой эластичностью, что позволяет передавать давление без структурных повреждений мяса. Кроме того, вакуумно-плёночная упаковка имеет обратимую деформацию и идеальна при использовании высокого давления, поскольку она способна вернуться к своей первоначальной форме после декомпрессии. Образцы мяса контрольной группы давлением не обрабатывали.

Исследования проводили по общепринятым методикам, в частности, органолептические показатели определяли по ГОСТ 7269-79 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести»; микробиологические показатели – по ГОСТ Р 54354-2011 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа», по ГОСТ 31747-2012 (ISO 4831:2006, ISO 4832:2006) «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)»; количество жира – по ГОСТ 23042-86 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира»; белок – по ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка»; массовую долю влаги – по ГОСТ Р 51479-99 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги»; кислотное число жира – по ГОСТ Р 55480-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения кислотного числа»; перекисное число – по ГОСТ Р 51487-99 «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа»; летучие жирные кислоты (ЛЖК) – по ГОСТ 23392-78 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести»; аминокислотный азот (ААА) – по методикам [12]; антиоксидантную активность мяса определяли потенциометрическим методом [13].

Исследования проводили на лабораторной установке в НИИ физики металлов Уральского отделения РАН (Екатеринбург) и на базе кафедр пищевой инженерии, физики и

химии УрГЭУ (Екатеринбург). Статистическую обработку результатов проводили с использованием стандартных компьютерных программ Microsoft Excel XP, Statistica 8,0.

Результаты

В табл. 1 представлены органолептические показатели свежести мяса через 30 и 60 сут холодильного хранения при температуре +4°C.

Из табл. 1 следует, что мясо контрольной группы по органолептическим показателям после 30 и 60 сут хранения относится к мясу сомнительной свежести и несвежему, соответственно. В то время как опытные образцы относятся к свежему мясу.

Результаты микробиологических исследований контрольных и опытных образцов мяса через 15, 30 и 60 сут холодильного хранения при температуре +4°C представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что обработка мяса высоким давлением оказала положительное влияние на его сохранность. Установлено, что у образцов мяса первой группы (контрольной) КМАФАнМ после 15, 30 и 60 сут хранения не превышало $2,1 \cdot 10^2$, $2,1 \cdot 10^3$ и $3,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г при норме для свежего мяса, упакованного под вакуум не более $1,0 \cdot 10^4$ КОЕ/г. Дрожжи в контрольной группе через 30 и 60 сут хранения составляют $2,5 \cdot 10^3$ и $5,1 \cdot 10^5$ КОЕ/г при норме не более $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г. В образцах мяса, обработанных высоким давлением, МАФАнМ и дрожжи не обнаружены.

Проведено исследование показателей гидролитической и окислительной порчи мяса: кислотного и перекисного числа.

Динамика кислотного числа в выделенном из продукта жире приведена на рис. 2.

Анализ рис. 2 показывает, что кислотное число контрольных образцов выделенного из мясного сырья жира после 30 и 60 сут хранения в 6 раз выше по сравнению с опытными образцами.

Таблица 2

Микробиологические показатели контрольных и опытных образцов мяса (n = 5)

Показатель	Группа	
	1 (контрольная)	2 (опытная)
<i>После обработки высоким давлением:</i>		
КМАФАнМ, КОЕ/г	2,5 · 10 ¹	Не обнаружены
БГКП (г), не допускается в 0,1 г продукта	Не обнаружены	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы (г), в т. ч. сальмонеллы	Не обнаружены	Не обнаружены
Дрожжи, КОЕ/г	Не обнаружены	Не обнаружены
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г	Не обнаружены	Не обнаружены
<i>Через 15 сут. хранения:</i>		
КМАФАнМ, КОЕ/г	2,1 · 10 ²	Не обнаружены
БГКП (г), не допускаемые в 0,1 г продукта	Не обнаружены	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы (г), в т. ч. сальмонеллы	Не обнаружены	Не обнаружены
Дрожжи, КОЕ/г	Не обнаружены	Не обнаружены
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г	Не обнаружены	Не обнаружены
<i>Через 30 сут. хранения:</i>		
КМАФАнМ, КОЕ/г	2,2 · 10 ³	Не обнаружены
БГКП (г), не допускается в 0,1 г продукта	Не обнаружены	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы (г), в т. ч. сальмонеллы	Не обнаружены	Не обнаружены
Дрожжи, КОЕ/г	2,5 · 10 ³	Не обнаружены
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г	Не обнаружены	Не обнаружены
<i>Через 60 суток хранения:</i>		
КМАФАнМ, КОЕ/г	3,4 · 10 ⁵	Не обнаружены
БГКП (г), не допускается в 0,1 г продукта	Не обнаружены	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы (г), в т. ч. сальмонеллы	Не обнаружены	Не обнаружены
Дрожжи, КОЕ/г	5,1 · 10 ⁵	Не обнаружены
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г	Не обнаружены	Не обнаружены

Данные об изменении перекисного числа, выделенного из мясного сырья жира в процессе хранения, представлены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что в процессе хранения возрастает перекисное число в контрольных и опытных образцах мяса. Так, перекисное число после 15, 30 и 60 сут. хранения в контрольных образцах мяса составляет 0,01; 0,02 и 0,08 миллимоль активного кислорода на 1 кг, в опытных образцах – на уровне 0; 0,01 и 0,02 соответственно.

Пищевая ценность мяса, в первую очередь, определяется содержанием биологически полноценных белков.

Определение пищевой ценности по истечении исследованного периода хранения (табл. 3) показывает, что в опытных образцах мяса к концу периода хранения количество белка уменьшилось на 1,5%, в то время как в контрольных группах – на 3,1%.

Обсуждение

В контрольных образцах мяса отмечено наибольшее изменение этого показателя в сторону уменьшения, что объясняется сохранением активности как ферментов мышечной ткани (катепсинов и кальпаинов), так и ферментов микроорганизмов.

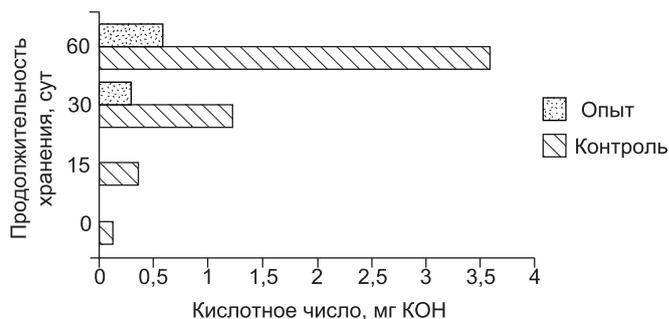


Рис. 2. Динамика кислотного числа контрольных и опытных образцов выделенного из мясного сырья жира в процессе хранения, мг · КОН/г.

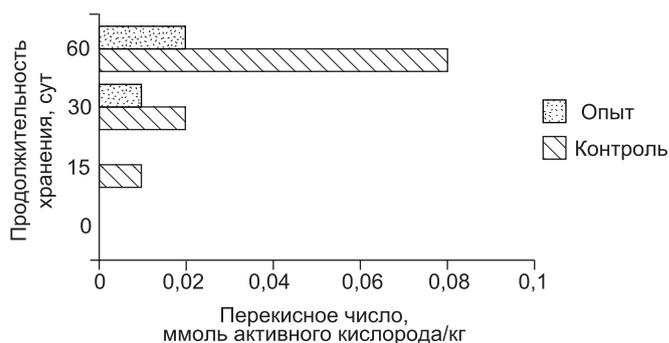


Рис. 3. Динамика перекисного числа контрольных и опытных образцов выделенного из мясного сырья жира в процессе хранения, Ммоль активного кислорода/кг.

Снижение содержания жира в опытных и контрольных образцах составляет 1,7% и 4,3% соответственно. Полученные результаты объясняются разрушением сложноэфирных связей в триглицеридах при участии воды, что сопровождается накоплением свободных жирных кислот [17]. Этот процесс катализируется как тканевыми липазами, так и липолитическими ферментами микроорганизмов, которые в необработанном высоким давлением сырье сохраняют свою жизнеспособность.

О сохранности белковых веществ мяса и липидных компонентов (см. табл. 3) свидетельствуют результаты определения аминокислотного азота (ААА) и летучих жирных кислот (ЛЖК).

Установлено, что содержание ААА в контрольных образцах мяса после 15, 30 и 60 сут. составляет 0,73; 1,85 и 2,43 мг/10 см³ вытяжки соответственно, в опытных образцах – 0,12; 0,16; 0,24 мг/10 см³ вытяжки соответственно при норме для свежего мяса менее 1,26 мг/10 см³. Количество ЛЖК в контрольных образцах говядины после 15, 30 и 60 сут. хранения на уровне составляет 1,4; 4,2 и 5,8 мг щелочи/г, в опытных образцах – 0,2; 1,0; 2,3 мг щелочи/г (норма – до 4 мг щелочи/г). Полученные данные показали высокую сохранность мяса, обработанного высоким давлением.

Таблица 3

Пищевая ценность контрольных и опытных образцов мяса (M ± m; n = 5)

Компоненты мяса, %	Контрольные группы		Опытные группы	
	через 48 ч с момента убоя	через 60 сут хранения	через 48 ч с момента убоя	через 60 сут хранения
Белки	19,3 ± 0,2	18,7 ± 0,1	19,4 ± 0,3	19,1 ± 0,1
Жиры	11,5 ± 0,4	11,0 ± 0,2	11,6 ± 0,2	11,4 ± 0,3
Вода	66,4 ± 1,2	64,4 ± 0,6	67,8 ± 1,8	66,7 ± 0,4

Полученные результаты перекисного числа согласуются с оценкой антиоксидантной активности мяса (АОА). Установлено, что опытные образцы мяса имели более высокую АОА ($0,35 \pm 0,02$ моль экв./дм³), что на 66,7% достоверно (** – $p \leq 0,01$) выше АОА контрольных образцов ($0,21 \pm 0,05$ моль экв./дм³).

Как известно, в биологических системах существует подвижное равновесие между генерацией оксидантов (ОА), к числу которых относится пероксид водорода, органические гидроперекиси, оксид азота, супероксид-радикал, гидроксильный радикал и др., и активностью системы антиоксидантной защиты клеток, состоящей из неферментных и ферментных антиоксидантов. Смещение равновесия АОА/ОА, обусловленное факторами, может вызывать либо увеличение ОА и снижение АОА (оксидантный стресс), либо наоборот. В нашем случае воздействие высокого давления на клетки мяса привело к смещению равновесия АОА/ОА в сторону увеличения АОА, связанного со значительным снижением (даже полным исчезновением) активных форм кислорода и существенным уменьшением скорости их генерации во времени по сравнению с мясом контрольной группы (см. рис. 3). Кроме того, высокие значения АОА могут быть обусловлены увеличением сульфгидрильных групп в обработанном мясе за счёт их высвобождения из полимеризованных белков миофибрилл после применения высокого давления [14]. Как известно, SH-группы обладают восстановительной способностью, придавая соединениям «антиоксидантные» свойства. В группу антиоксидантов тиольного типа входят белки с SH-группами, в частности, альбумин, низкомолекулярные тиолы, глутатион, цистеин, гомоцистеин и др. Возможно, повышение АОА мяса опытной группы связано с образованием цистеина, продуцируемого из цистина под действием давления. При этом дисульфидная группа цистина превращается в SH-группу, которая способна вовлекаться в ферментативное восстановление продуктов окисления фенольных антиоксидантов, в частности, витамина Е [15] и тем самым повышать АОА обработанного мяса.

Следует отметить, что под действием давления происходит активация билирубина, находящегося в мясе и обладающего чрезвычайно высокой антиоксидантной активностью, одна молекула которого может обрывать более двух цепей окисления за счёт образования продуктов превращения, также обладающих ингибирующими свойствами [16].

Научная новизна исследований заключается на основании проведённой комплексной гигиенической оценки мяса, заключённого в вакуумную упаковку и обработанного высоким давлением с учётом анализа химического состава, динамики перекисного окисления липидов и накопления продуктов распада белка. Впервые теоретически обоснована и экспериментально доказана эффективность применения высокого давления, обеспечивающего гигиенические требования к пищевому продукту в процессе длительного хранения.

По результатам проведённых комплексных исследований показателей свежести и пищевой ценности мяса установлено, что образцы, обработанные высоким давлением 800 МПа в течение 5 мин. после 60 сут. хранения соответствовали требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Обработка мяса высоким давлением и помещение его в вакуумно-плёночную упаковку через 48 час. с момента убоя вызывает гибель микробных клеток, предотвращает распад белка и способствует ослаблению процессов окисления липидных компонентов. Получен-

ные результаты свидетельствуют о том, что применение высокого давления в технологии хранения мяса способствует увеличению его сроков годности и представляют значительный практический интерес для отечественных мясоперерабатывающих предприятий и могут быть использованы для обеспечения свежим, гигиенически безопасным и биологически полноценным мясом и натуральными мясными полуфабрикатами с увеличенным сроком годности военнослужащих и населения в отдалённых регионах нашей страны и за её пределами.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (пп 1-2, 4-11, 13 см. References)

- Туменов С.Н. *Совершенствование производства мясных продуктов путем применения высоких давлений. Обзорная информация. Мясная промышленность*. М.: АгроНИИТЭИММП; 1989.
- Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. *Методы исследования мяса и мясopодуKтоB*. М.: Колос; 2001.
- Жаксилькова М.О. *Качественные показатели мяса при воздействии высокого гидростатического давления*: дисс. ... канд. техн. наук. М.; 1994. Доступно по: <http://tekhnosfera.com/kachestvennye-pokazateli-myasa-pri-vozdeystvii-vysokogo-gidrostaticheskogo-davleniya>
- Аминокислота аргинин. Доступно по: <http://surgeryzone.net/medicina/aminokislota-cistein.html>
- Фомин В.М. *Радикально-цепное окисление органических соединений и его торможение ингибиторами фенольного типа. Электронное учебное пособие*. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет; 2010.
- Журавская Н.К., Алехина Л.Т., Отряшенкова Л.М. *Исследования и контроль качества мяса и мясopодуKтоB*. М.: Агропромиздат; 1985.

References

- High pressure processing: Insights on technology and regulatory requirements. Covance white paper series; 2013. Available at: <https://www.covance.com/content/dam/covance/assetLibrary/whitepapers/High-pressure-processing-insights-WPNCFS017.pdf>
- Rastogi N.K., Raghavarao K.S., Balasubramanian V.M., Niranjana K., Knorr D. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2007; 47(1): 69-112.
- Tumenov S.N. *Sovershenstvovanie proizvodstva myasnykh produktov putem primeneniya vysokikh davleniy. Obzornaya informatsiya. Myasnaya promyshlennost'*. Moscow: АgroНИИТЭИММП; 1989. (in Russian)
- Hoover D.Cr., Metrick C., Papineau A.M., Farkas D.F., Knorr D. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technol.* 1989; 43(9): 99-107. Available at: agris.fao.org/openagris/search.do?recordID=US9049775
- Thacur B.R., Nelson P.E. High pressure processing and preservation of foods. *Food Reviews Int.* 1998; 14: 427-47.
- Knorr D. Hydrostatic pressure treatment of food: microbiology. In: Gould G.W., ed. *New methods of food preservation*. 1995: 159-75. doi: 10.1007/978-1-4615-2105-1_8.
- Heremans K. High pressure effects on proteins and other biomolecules. *Annu. Rev. Biophys. Bioeng.* 1982; 11: 1-21. doi: 10.1146/annurev.bb.11.060182.000245.
- Karłowski K., Windyga B., Fonberg-Broczek M., Ścieżyńska H., Grochowska A., Górecka K. et al. Effects of high pressure treatment on the microbiological quality, texture and colour of vacuum packed pork meat products. *High Press. Res.* 2002; 22(3-4): 725-32. doi: 10.1080/08957950212424.
- Zakrys P.I., Hocan S.A., O'Sullivan M.G., Allen P., Kerry J.P. Effects of oxygen concentration on sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. *Meat Sci.* 2008; 79: 648-55.
- Sullivan M.G., Kerry J.P. Meat packaging. In: Toldra F. *Handbook of meat processing*. Chichester: John Wiley and Sons; 2009: 211-30.
- Zakrys P.I., Walliwander P.I., O'Sullivan M.G., O'Neill E.E., Kerry J.P. The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine M. longissimus dorsi muscle during chilled storage. *Food Chem.* 2012; 131(2): 527-32. 12. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. *Metody issledovaniya myasa i myasoproduktov*. Diss. Moscow; 1994. Available at: <http://tekhnosfera.com/kachestvennye-pokazateli-myasa-pri-vozdeystvii-vysokogo-gidrostaticheskogo-davleniya> (in Russian)
- Aminokislota arginin. Available at: <http://surgeryzone.net/medicina/aminokislota-cistein.html> (in Russian)
- Fomin V.M. *Radikal'no-tsepnoe okislenie organicheskikh soedineniy i ego tormozhenie ingibitorami fenol'nogo tipa. Elektronnoe uchebnoe posobie*. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskiy gosuniversitet; 2010. (in Russian)
- Zhuravskaya N.K., Alekhina L.T., Otryashenkova L.M. *Issledovaniya i kontrol' kachestva myasa i myasoproduktov*. Moscow: Аgroпромиздат; 1985. (in Russian)