

Влияние состава газов в модифицированной газовой среде на хранимospособность фаршей из свинины

Н. А. Ставцева, Ю. М. Бухтеева

Российский биотехнологический университет («РОСБИОТЕХ»),
Москва, Россия

Корреспонденция:

Бухтеева Юлия Михайловна,
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
125080, Россия, г. Москва,
Волоколамское шоссе, 11
E-mail: BukhteevaYM@mgupp.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 15.12.2023

Поступила после
рецензирования: 18.04.2024

Принята: 11.05.2024

Copyright: © 2024 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Производство охлажденных полуфабрикатов – одно из приоритетных направлений промышленной переработки мясного сырья. Следует особо отметить, что промышленное производство полуфабрикатов облегчает решение задач государственного и потребительского контроля качества продукции, реализуемой через систему торговли и общественного питания. В настоящее время актуален вопрос продления сроков годности охлажденных рубленых полуфабрикатов, максимально сохранив начальное качество продукта. Технология упаковки в модифицированной газовой среде (МГС) является одним из способов сохранения показателей качества охлажденных пищевых продуктов, используется давно, также известен состав газов для определенных групп продуктов. Доказано, что видовой состав микроорганизмов, влияющих на хранимospособность мясных фаршей, зависит от % содержания газов в МГС.

Цель. Продемонстрировать при каких условиях мясные полуфабрикаты из свинины могут иметь максимальные сроки годности при сохранении высоких качественных показателей.

Материалы и методы. В статье представлен обзор исследований российских и европейских ученых о влиянии состава газовых сред на развитие микробиологических процессов в мясных полуфабрикатах. Приведены исследования и выводы ученых о развитии определенных штаммов бактерий в рубленых полуфабрикатах, упакованных в МГС без кислорода и с высоким содержанием кислорода. Представленные в науке сведения, касающиеся влияния соотношения газов в модифицированной газовой среде на хранимospособность фаршей из свинины, весьма ограничены. Указанное обстоятельство определило актуальность проведения дальнейших собственных исследований, объектом которых были фарши из свинины, упакованные в газовые смеси 30 % CO₂, 70 % O₂ и 30 % CO₂, 70 % N₂.

Результаты. Обнаружено, что в фарше в газовой смеси 30 % CO₂, 70 % O₂, срок годности в два раза меньше, чем в 30 % CO₂, 70 % N₂. Однако цвет фарша в газовой смеси 30 % CO₂, 70 % N₂ после упаковки начал изменяться по причине отсутствия кислорода, который необходим для окисления миоглобина мяса. Указанный эффект можно нивелировать за счет использования пищевых добавок.

Выводы. На основании проведенного анализа литературных данных и собственных исследований установлено, что для обеспечения длительного срока годности охлажденного мяса необходимо подбирать эффективное соотношение газов в составе МГС и комбинации пищевых добавок, учитывая видовой состав микроорганизмов и условия конкретного производства. Следует особо отметить, что для достижения максимальной хранимospособности продукции с применением технологии упаковки в МГС важно соблюдать комплексный подход и учитывать важнейшие факторы, влияющие на успешную реализацию технологии: высокое качества сырья, характер его автолиза, минимальную микробиологическую контаминацию продукта до упаковки, строгое соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил, и температурных режимов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

модифицированная газовая среда (МГС); фарш из мяса свинины; охлажденные рубленые полуфабрикаты; продление срока годности; микробиологические и окислительные процессы; показатели качества; молочнокислые бактерии (МКБ); *Brochothrix thermosphacta*; санитарно-гигиенические нормы; лазерное излучение; микробиологическая клетка

Для цитирования: Ставцева, Н. А., & Бухтеева, Ю. М. (2024). Влияние состава газов в модифицированной газовой среде на хранимospособность фаршей из свинины. *Health, Food & Biotechnology*, 6(1), 23–30. <https://doi.org/10.36107/hfb.2024.il.s194>



<https://doi.org/10.36107/hfb.2024.il.s194>

The Influence of the Composition of Gases in a Modified Atmosphere Packaging on the Storage Capacity of Minced Pork

Natalia A. Stavtseva, Yulia M. Bukhteeva

Russian Biotechnological University
(BIOTECH University), Moscow, Russia

Correspondence:

Yulia M. Bukhteeva,
Russian Biotechnological University,
11, Volokolamskoe highway,
Moscow, 125080, Russia
E-mail: BukhteevaYM@mgupp.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 15.12.2023

Received in revised form: 18.04.2024

Accepted: 11.05.2024

Copyright: © 2024 The Authors

ABSTRACT

Introduction. The production of cooled semi-finished products is one of the priority areas of industrial processing of raw meat. It should be particularly noted that the industrial production of semi-finished products facilitates the solution of the tasks of state and consumer quality control of products sold through the system of retailing and public catering. Currently, the issue of extending the shelf life of minced meat is relevant, as well as preserving the initial quality of the product. The technology of packaging in a modified atmosphere packaging (MAP) is one of the ways to preserve the quality of cooled food products and it has been used for a long time. Also, the composition of gases for certain product groups is known. It has been proved that the species composition of microorganisms affecting the storage capacity of minced meat depends on the % content of gases in MAP.

Purpose. To demonstrate under what conditions pork semi-finished meat products can have maximum shelf life while maintaining high-quality. The article presents a review of research by Russian and European scientists on the influence of the composition of gaseous media on the development of microbiological processes in semi-finished meat products. The research and conclusions of scientists on the development of certain strains of bacteria in minced meat in MAP packaging without oxygen and with a high oxygen content are presented. The information presented in research articles concerning the effect of the ratio of gases in a modified gas medium on the storage capacity of minced pork is very limited. This circumstance determined the relevance of further in-house research of minced pork packed in gas mixtures of 30 % CO₂, 70 % O₂ и 30 % CO₂, 70 % N₂.

Results. The results of the conducted studies indicate that in minced meat in a gas mixture of 30 % CO₂, 70 % O₂, the shelf life is two times less than in 30 % CO₂, 70 % N₂. Moreover, the color of minced meat in a gas mixture of 30 % CO₂, 70 % N₂ after packaging began to change due to the lack of oxygen which is necessary for the oxidation of meat myoglobin. We can avoid this effect using food additives. Based on the analysis of the literature data and our own research, it was found that in order to ensure a long shelf life of cooled meat, it is necessary to select an effective ratio of gases in the MAP technology and a combination of food additives, considering the species composition of microorganisms and the conditions of a particular production. It should be particularly noted that in order to achieve maximum storage capacity of products using MAP, it is important to follow an integrated approach and take into account the most important factors influencing the successful implementation of the technology.

KEYWORDS

modified atmosphere packaging (MAP), minced pork meat, chilled semi-finished products, shelf life extension, microbiological and oxidative processes, quality indicators, lactic acid bacteria (ICD), *Brochothrix thermosphacta*, Lactic acid bacteria and their role in the meat processing



To cite: Stavtseva N.A., Bukhteeva Yu.M. (2024). The influence of the composition of gases in a modified atmosphere packaging on the storage capacity of minced pork. *Health, Food & Biotechnology*, 6(1), 23–30. <https://doi.org/10.36107/hfb.2024.il.s194>

ВВЕДЕНИЕ

Социально-экономическое значение производства охлаждённых полуфабрикатов определяется тем, что оно позволяет выпускать продукты гарантированно высокого качества, отвечающие требованиям безопасности. С учетом фокуса экономического развития мясопереработки в России это направление открывает значительные перспективы для организации сбалансированного питания населения, позволяет решать вопросы рационального использования сырья, сокращает затраты труда на дальнейшее приготовление пищи. Производители заинтересованы в расширении производства и географии поставок продаж фаршей из свинины, но продукт имеет весьма ограниченный срок годности вследствие микробиологических и окислительных процессов, которые в свою очередь значительно влияют на хранимостпособность продукта. В настоящее время актуален вопрос продления сроков годности охлажденных рубленых полуфабрикатов, максимально сохранив начальное качество продукта.

Известно, что сроки годности охлажденного мяса в значительной мере зависят от интенсивности развития ферментов микроорганизмов. Нежелательные последствия для качества такой многокомпонентной системы, как мясо, имеют окислительные превращения липидов. Развитие окислительных процессов приводит к ухудшению органолептических показателей и образованию продуктов, вредных для здоровья человека, а соответственно к снижению биологической ценности.

В этой связи весьма актуальной является задача разработки технологии охлаждения и хранения мяса, обеспечивающей стабилизацию показателей его качества. Упаковка в модифицированную газовую среду (МГС) является одним из способов пролонгирования сроков годности охлажденных пищевых продуктов. Однако, показатели качества и хранимостпособность мясных продуктов в значительной мере зависят от видового состава микроорганизмов, а также от соотношения газов в составе МГС. Указанное обстоятельство определило цель данной работы: анализ влияния состава газов в модифицированной газовой среде на хранимостпособность охлажденных мясных фаршей.

Первые положительные эффекты при хранении пищевых продуктов в модифицированной газовой среде (МГС) с низким содержанием кислорода зарегистрированы во Франции в 1821. В 1970-х годах потребительские упаковки мясных продуктов в МГС начали поставлять в развивающийся новый формат магазинов самообслуживания. С тех пор внедрение технологии МГС получило широкий промышленный масштаб, поскольку требовались более совершенные формы упаковки мясных продуктов длительного хранения, герметично

упакованные и выставленные в холодильных витринах, в которых потребители могли самостоятельно выбирать продукт. Для демонстрации свежести красного сырого мяса была подобрана смесь газов O_2 и CO_2 , в которой мясо обретает ярко красный цвет. Потребители начали ассоциировать ярко-красный цвет мяса, расфасованного в полимерную упаковку, с его свежестью, потому, что именно такого цвета мясо впервые появилось на витринах самообслуживания. В России в промышленном масштабе технология упаковки в МГС применяется с 1997 года, когда компания КампоМос официально объявила, что 20 % колбасных изделий будут упакованы в газомодифицированной атмосфере.

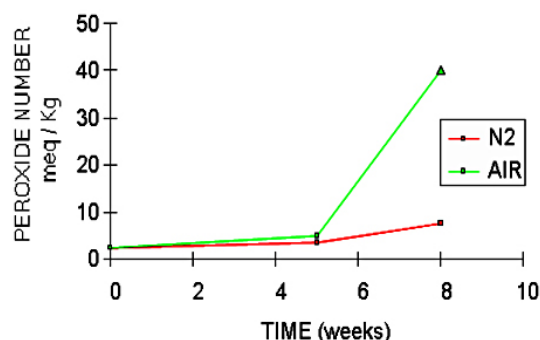
Принцип действия технологии МГС заключается в хранении пищевого продукта в специально подобранной смеси газов в герметичной полимерной упаковке. Для обеспечения сохранности продуктов используются три вида газа — азот, кислород и углекислый газ.

Азот N_2 — это инертный газ без вкуса и запаха, растворимость в воде и жирах низкая (Таблица 1). Азот оказывает незначительное бактериостатическое воздействие на микрофлору, но в среде азота слабо развиваются аэробные микроорганизмы. Функции азота в технологии упаковки в МГС: замещение кислорода из воздушной среды, предотвращение окислительных реакций, предотвращение роста аэробной микрофлоры, сохранение формы упаковки. Также азот оказывает ингибирующее воздействие на дыхание свежих овощей и фруктов (Рисунок 1). Код пищевой добавки E 941.

Кислород O_2 (газ без цвета, вкуса и запаха), является химически активным неметаллом и сильным окислителем. Кислород реакционноспособен, особенно при повышенных температурах; реагирует с большинством металлов и неметаллов, окисляет многие неорганические соединения. Функции кислорода в технологии упаковки в МГС: сохранение ярко красного цвета мяса, птицы, рыбы путем окисления миоглобина, предотвращение развития

Рисунок 1

Модифицированная среда и пищевые продукты (Aleman, 1989)



строغو анаэробных бактерий, обеспечение дыхания свежих овощей и фруктов. Код пищевой добавки Е 948.

Углекислый газ CO₂, газ без цвета, с легким кислым запахом, хорошо растворяется в воде и жирах. Реагирует с водой с образованием угольной кислоты, проявляет кислотные свойства, реагирует со щелочами, гидратом аммиака, восстанавливается активными металлами, водородом, углеродом. Функции углекислого газа в технологии упаковки в МГС: бактериостатическое и фунгистатическое воздействие на микроорганизмы. Предотвращение развития анаэробной и аэробной микрофлоры, понижение рН. Код пищевой добавки Е 290. Механизм бактериостатического воздействия: CO₂ вступает в реакцию с водой и проникает в клетку, способствует: образованию карбоновых соединений, изменению ферментов и белков в клетке, снижению мембранной и ферментативной активности и изменению физико-химического равновесия. В результате воздействия CO₂ происходит биохимическая модификация клетки и снижается ее бактериальная активность. Данные по определению растворимости газов в воде представлены в Таблице 1.

Таблица 1
Растворимость газов в воде (Лидин, 2000)¹

Растворимость в воде при давлении газа Р = 100 кПа грамм/кг при Т 15 °С	
Углекислый газ, CO ₂	1,97
Кислород	0,04
Азот	0,02

В зависимости от физико-химических свойств продукции и требований к органолептическим показателям подбирается состав газовой смеси для упаковки пищевого продукта. Обычно смеси состоят из двух компонентов – углекислого газа и азота или углекислого газа и кислорода.

Можно выделить следующие важные преимущества технологии упаковки в МГС:

- Значительное увеличение срока годности охлажденного продукта по сравнению с хранением в воздушной среде.
- Предотвращение в течение срока годности микробиологической порчи продукта.
- Сохранение формы, структуры и консистенции продукта.
- Сохранение органолептических показателей.

Используя технологию упаковки в МГС возможно исключить или значительно сократить применение химических консервантов и антиоксидантов, поскольку углекислый газ (CO₂) обладает консервирующим свойством, а азот (N₂) способствует предотвращению окислительных превращений в продукте.

На примере упаковки мясных продуктов разберем подробно все аспекты реализации технологии упаковки в МГС. Сроки годности мясных продуктов при хранении в МГС различного состава представлены в Таблице 2.

Таблица 2
Сроки годности мясных продуктов при хранении в МГС²

Продукт	Основные требования	Состав газовых смесей	Сроки годности
Говядина	Гигиена, Температура продукта до +4С, желательно ниже до -1С	20–30 % CO ₂ в кислороде	До 20 суток
Свинина	Гигиена, Температура продукта до +4С, желательно ниже до -1С	20–30 % CO ₂ в кислороде,	До 15 суток
		30–50 % CO ₂ в азоте*	До 30 суток
		100 % CO ₂	До 90 суток
Фарш (говядина, свинина)	Гигиена, Температура продукта до +4С, желательно ниже до -1С	20–30 % CO ₂ в кислороде,	До 15 суток
		30–50 % CO ₂ в азоте *	До 20 суток
Субпродукты (печень, сердце, легкое и т.д.)	Гигиена, Температура продукта до +4С, желательно ниже до -1С	20–30 % CO ₂ в кислороде,	До 10 суток
		30–50 % CO ₂ в азоте *	До 15 суток
Вареные колбасы и сосиски	Гигиена, Температура +4 – +6С	20–30 % CO ₂ в азоте	До 40 суток
Варено-копченые полу-копченые колбасы	Гигиена, Температура +4 – +6С	20–30 % CO ₂ в азоте	До 40 суток
Сырокопченые колбасы	Гигиена, Температура +4 – +6С	20–30 % CO ₂ в азоте	До 6 месяцев

Примечание. *цвет мяса не ярко-красный

¹ Лидин, Р. А., Молочко, В.А., & Андреева, Л. Л. (2000). *Химические свойства неорганических веществ*. Химия.
² Сроки годности мясных продуктов при хранении в МГС. https://www.vniimp.ru/netcat_files/366/497/h_757bfc18b44c4093b866b85629687524; https://www.rp.ru/pdf/indokor/posobie_MGS.pdf?ysclid=lv40bxom3d305443160

Мясные продукты можно разделить на 2 группы, которые мы рассмотрим в качестве объектов для технологии упаковки в МГС:

1 группа — это готовые к употреблению мясные продукты, которые прошли тепловую обработку (колбасные изделия различных типов — вареные, варено-копченые, сырокопченые; вареное или запечённое мясо, паштеты и т.д.) Упаковка в МГС готовых мясных продуктов хорошо изучена, широко и успешно применяется на практике в промышленном масштабе. Сроки годности готовой мясной продукции в МГС достаточно высокие. Безусловно есть вопросы, которые требуют особого подхода, например, достижение длительных сроков хранения вареных колбасных изделий в целлофановой оболочке по отношению к полиамидной. При хранении сосисок в полиамидной оболочке в МГС практически не выделяется влага, и продукция хранится дольше. В сосисках в целлофановой оболочке влага проникает через оболочку и в упаковке с МГС создаются условия, благоприятные для развития микрофлоры.

2 группа — охлажденные мясные полуфабрикаты. Условия хранения продукции в МГС, при которых возможно максимально сохранить качество продукта и продлить срок годности, изучаются во всем мире. Особенно актуальна проблема хранимостспособности охлажденных полуфабрикатов стоит в России.

В отличие от готовых мясных изделий полуфабрикаты не проходят тепловую обработку и снизить уровень контаминации продукта до упаковки нет возможности. Поэтому важно строго соблюдать все технологические требования: к качеству и характеру автолиза мясного сырья, показателям качества ингредиентов, к температурным режимам хранения сырья, к соблюдению санитарно-гигиенических требований на всех технологических этапах — обеспечению чистоты рабочих поверхностей, инвентаря, оборудования, воздуха, воды, правил работы персонала, применению СИЗов, дезинфекции и тд. Очень важно, и это подтверждено исследованиями ученых, чтобы на упаковку в МГС полуфабрикаты поступали с минимальным микробиологическим обсеменением.

В производственных условиях на мясоперерабатывающих предприятиях достичь идеального уровня чистоты невозможно, ученые постоянно разрабатывают и предлагают пути решения вопроса. Например, интересна одна из последних разработок российских ученых, состоящая в исследовании применения лазеров для обеззараживания поверхностей мясных полуфабрикатов. Учеными из Физического института имени П.Н. Лебедева РАН удалось «сварить» патогенные бактерии — золотистый стафилококк и синегнойную палочку — с помощью лазера среднего инфракрасного диапазона (Kompanets, Kudryashov & Totordava, 2021; 2023).

Эксперимент показал, что свет этой длины волны разрывает водородные связи в молекулах белков и нуклеиновых кислот, так что бактерия теряет активность и способность к размножению. Этот способ обеззараживания может стать удобным вариантом для быстрой бесконтактной стерилизации продуктов, дезинфекции на пищевых производствах.

В работе показано, как на практике воздействует на бактерии лазерное излучение среднего инфракрасного диапазона с длинами волны три и шесть микрометров. Результаты исследований ученых из лаборатории лазерной нанофизики и биомедицины ФИАН свидетельствуют о том, что в клетке возникают резонансные колебания молекулярных связей в основных элементах структуры клетки: в С (углерод) — N (азот) связях белков и нуклеиновых кислот при воздействии излучением с длиной волны шесть микрон и С (углерод) — Н (водород) связях углеродного скелета — под действием излучения три микрометра. (Shelygina & Saraeva, 2023).

Также важно понимать, что технология МГС оказывает воздействие на отдельные виды микроорганизмов. Данные представлены в Таблице 3.

Таблица 3

Влияние CO₂ на группы микроорганизмов (Caleb & Mahajan 2012)

Название микроорганизмов	Взаимодействие с CO ₂
Brochotrix thermosphacta	Некоторые штаммы не чувствительны к CO ₂
Pseudomonas	Препятствует росту
Achromobacter	Препятствует росту
Lactobacilles	Некоторые штаммы не чувствительны к CO ₂
Плесени	Препятствует росту
Дрожжи	Менее чувствительны к CO ₂ , чем плесени
Bacillus cereus	Препятствует росту
Clostridium botulinum	Не чувствительны к CO ₂

Исследовательские работы по определению зависимости развития микроорганизмов в фаршах из свинины от условий хранения и типа упаковки были проведены на кафедре фундаментальных и прикладных исследований пищевых продуктов (FARAH), факультете ветеринарной медицины Льежского университета (Cauchie et al., 2020).

В результате проведенных работ доказано, что наиболее важными факторами, влияющими на динамику разви-

тия микроорганизмов на поверхности продукта, являются состав газовой смеси в упаковке и температурный режим хранения, а также выявлена тенденция роста бактерий *Pseudomonas* в упаковках с воздушной средой и *Brochothrix thermosphacta* в упаковках с МГС.

В энциклопедии микробиологии (издание 4) Мичиганского университета³ указано, что *Brochothrix thermosphacta* может составлять доминирующую часть микрофлоры охлажденного мяса и мясopодуков при хранении на воздухе, под вакуумом или на мясе с нормальным рН, которое хранится в атмосфере с высоким содержанием кислорода в составе МГС. Однако, они составляют незначительную часть микрофлоры этих продуктов при хранении при 100 %-ном содержании CO₂ или при использовании смешанной атмосферы CO₂–N₂ для упаковки мясных продуктов.

Отдельное внимание стоит уделить молочнокислым бактериям. Этому вопросу посвящены исследования российских и международных ученых. Было установлено, что некоторые штаммы молочнокислых бактерий начинают активно развиваться в МГС.

Ученые Научно-исследовательского Университета фармацевтики и Ветеринарии в г. Брно (Kameník & Dušková, 2016) выявили и доказали, что при упаковке сырого мяса (свинины, говядины) в вакуумной упаковке наблюдается рост молочнокислых бактерий (МКБ). В упаковках в МГС интенсивность роста количества МКБ ниже по сравнению с вакуумной или скин-упаковке. Начиная с 14 суток хранения продукции популяции МКБ в вакуумной упаковке были на 2 log10 больше чем в МГС.

При этом было определено, что наиболее часто встречались МКБ рода *Leuconostoc* (*Leuc. carnosum*, *Leuc. Mesenteroides* и *Leuc. gelidum*), которая диагностировалась при сборе проб из производственной среды.

МГС влияет на интенсивность развития микрофлоры на поверхности продукта. Как было сказано ранее углекислый газ оказывает бактериостатическое воздействие на развитие многих штаммов микроорганизмов, снижая активность биологических клеток. Чем меньше количество патогенной микрофлоры на поверхности продукта, тем эффективнее воздействие CO₂.

Важно понимать, что набор патогенной микрофлоры в большинстве случаев попадает на поверхность мяса из окружающей среды в процессе первичной и глубокой переработки, что и было выявлено в исследовательских работах университета Брно. Тогда можно утверждать, что, если условия окружающей среды будут строго контролироваться, снизится уровень контаминации про-

дукта до упаковки и он будет более длительное время сохранять высокие показатели качества в упаковке.

Singh (2018) отмечает, что некоторые виды молочнокислых бактерий предотвращают развитие патогенной микрофлоры и тем самым оказывают защитное действие. Учеными было доказано, что к порче продукта приводит не большое наличие лактобактерий, а их внутривидовая изменчивость и последующее негативное влияние некоторых штаммов на качество продукта.

Исследование взаимодействия МГС и различных штаммов лактобактерий на показатели качества свинины провели ученые Финского университета (Nieminen et al., 2015). Цель их исследования заключалась в изучении влияния различных газовых сред на развитие молочнокислых бактерий при внесении в сырую свиную корейку 14 штаммов молочнокислых бактерий (МКБ) и упаковки в газовые среды 100 % CO₂, 80 % N₂ 20 % CO₂ и 80 % O₂, 20 % CO₂ при Т хранения +6С.

На 14 сутки хранения были получены следующие результаты:

- в смеси 100 % CO₂ наблюдался рост *Lactobacillus* sp,
- в смеси 80 % N₂, 20 % CO₂ — соответственно *Lactococcus* sp.
- в смеси в смеси 80 % O₂, 20 % CO₂ — *Leuconostoc*.

Таким образом, как указывалось выше, проведенные исследования доказали целесообразность применения МГС при хранении пищевых продуктов. Однако, сведения, касающиеся влияния соотношения газов в модифицированной газовой среде на хранимостпособность фаршей из свинины, весьма ограничены. Указанное обстоятельство определило актуальность проведения дальнейших исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом нашего исследования послужили фарши из свинины, значение рН мясного сырья составляло 5,7. Образцы фаршей упаковывали в лотки (материал полипропилен/полиэтилен), толщина лотка составляла 700 мк, верхняя пленка (полиэтилентрифтолат/полиэтилен) толщина пленки 50 мк. Использовали упаковочное оборудование — Трейсилер (запайщик лотков) FoodPack 1440, производитель компания ILPRA. Газовые баллоны емкостью 50 л с пищевыми газовыми смесями 30 % CO₂, 70 % N₂ и 30 % CO₂, 70 % O₂ подключали к упаковочному оборудованию. Упакованные образцы хранили в охлажденном состоянии. Контроль состава газовой смеси и органолептических показателей фаршей осуществляли на 9, 12 и 16 сутки хранения.

³ Schmidt, T. M. (2019). Schmidt-Encyclopedia of Microbiology.Elsevier Science

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования проводилось изучение барьерных свойств упаковки. Тестировалась упаковка без фарша, но с наличием МГС по индикаторам CO_2 и O_2 . Тестирование проводилось газоанализатором WITT Oxy Baby. Результаты проведенных исследований представлены в Таблице 4.

Таблица 4

Состав газовой смеси в упаковке без фарша в процессе хранения

Упаковка без фарша	0 сутки		9 сутки		12 сутки		16 сутки	
	O_2 %	CO_2 %	O_2 %	CO_2 %	O_2 %	CO_2 %	O_2 %	CO_2 %
30 % CO_2 , 70 % N_2	1,2	29	1,8	28	2,5	26	2,8	25
30 % CO_2 , 70 % O_2	70	27	69	27	68	26	68	25

Установлено, что на 16 сутки хранения в упаковках с газовой смесью 30 % CO_2 70 % N_2 содержание массовой доли O_2 повышается на 1,6 %, а CO_2 понижается на 4 %. В газовой смеси 30 % CO_2 70 % O_2 массовая доля O_2 снижается на 2 %, CO_2 на 2 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что изменения состава газовой смеси незначительны. Таким образом, тестируемая упаковка обладает достаточными барьерными свойствами по газопроницаемости.

Программой дальнейших исследований предусматривалось определение изменения микробиологических и показателей фаршей в зависимости от состава газовой смеси. Результаты представлены в Таблице 5.

Установлено, что в газовой смеси 30 % CO_2 70 % N_2 на 16 сутки хранения показатели КМАФАМ и МКБ соответствуют свежему мясу, а в газовой смеси 30 % CO_2 70 % O_2 на 16 сутки КМАФАМ и МКБ превышали допустимую норму. Таким образом можно заключить, что состав газовой смеси 30 % CO_2 70 % O_2 не обладает достаточным бактериостатическим действием на исследуемые образцы фаршей из свинины.

Данные микробиологического анализа согласуются с результатами определения органолептических характеристик фаршей и внешнего вида упаковки в зависимости от состава газовой смеси. Результаты представлены в Таблице 6.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в фарше в газовой смеси 30 % CO_2 , 70 % O_2 ,

Таблица 5

Микробиологические показатели фаршей и состав газовой среды

Состав газовой смеси	0 сутки (фон)		9 сутки		12 сутки		16 сутки	
	КМАФАМ, КОЕ/г	МКБ	КМАФАМ, КОЕ/г	МКБ	КМАФАМ, КОЕ/г	МКБ	КМАФАМ, КОЕ/г	МКБ
30 % CO_2 70 % O_2	$1,5 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	5×10^5	$3,5 \times 10^5$	$2,3 \times 10^6$	$>4,9 \times 10^5$	$3,7 \times 10^7$	$>4,9 \times 10^5$
30 % CO_2 70 % N_2	$3,7 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$

Таблица 6

Органолептические показатели фаршей и состав газовой среды

Упаковки с фаршами	0 сутки		Органолептика	9 сутки		Органолептика	12 сутки		Органолептика	16 сутки		Органолептика
	O_2 %	CO_2 %		O_2 %	CO_2 %		O_2 %	CO_2 %		O_2 %	CO_2 %	
30 % CO_2 , 70 % N_2	1,2	25	Соотв. свежему мясу	0	15	Соотв. свежему мясу	0	15	Немного кисловатый запах	0	14,5	Немного кисловатый запах
30 % CO_2 , 70 % O_2	69	25,4	Соотв. свежему мясу	64	18,5	Запах, внешний вид мяса сомнительной свежести	54,3	18,7	Запах, внешний вид мяса сомнительной свежести	37	23,5	Запах, изменение цвета — признаки несвежего мяса

начиная уже с 9 суток хранения, фиксировался запах, присущий несвежему мясу. Особо следует отметить, что на 12 сутки хранения наблюдается сильная деформация упаковки.

Хранение фарша в МГС 30 % CO₂, 70 % N₂ в течение первых 12 суток не повлияло на изменение запаха. Упаковка с фаршем сохранила форму до 16 суток.

Однако приходится констатировать, что цвет фарша в газовой смеси 30 % CO₂, 70 % N₂ после упаковки начал изменяться по причине отсутствия кислорода, который необходим для окисления миоглобина мяса. Указанный эффект можно нивелировать за счет использования пищевых добавок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного анализа литературных данных и собственных исследований установлено, что для обеспечения длительного срока годности охлажденного мяса необходимо подбирать эффективное соотношение газов в составе МГС и комбинации пищевых добавок, учитывая видовой состав микроорганизмов и условия конкретного производства. Следует особо отметить, что для достижения максимальной хранимостпособности продукции с применением технологии упаковки в МГС важно соблюдать комплексный подход и учиты-

вать важнейшие факторы, влияющие на успешную реализацию технологии: высокое качества сырья, характер его автолиза, минимальную микробиологическую контаминацию продукта до упаковки, строгое соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил, и температурных режимов.

ВКЛАД АВТОРОВ:

Бухтеева Ю.М.: концептуализация, формулирование идеи; формулирование исследовательских целей и задач; разработка методологии исследования; создание модели исследования; подготовка и создание рукописи, ее комментирование и пересмотр, включая этапы до или после публикации рукописи; надзор и руководство за планированием и выполнением исследовательской деятельности, включая наставничество.

Ставцева Н.А.: изучение и анализ материалов российских и европейских ученых, проведение исследования, в частности, проведение экспериментов и микробиологических исследований; предоставление сырья и материалов для исследования, приборов для анализа материалов или других инструментов анализа; подготовка и создание черновика рукописи, в частности написание первоначального текста рукописи; визуализация/представление данных.

ЛИТЕРАТУРА

- Cauchie, E., Delhalle, L., Taminiau, B., Tahiri, A., Korsak, N., Burteau, S., Fall, P. A., Farnir, F., Baré, G., & Daube, G. (2020). Assessment of Spoilage Bacterial Communities in Food Wrap and Modified Atmospheres-Packed Minced Pork Meat Samples by 16S rDNA Metagenetic Analysis. *Frontiers in Microbiology*, 10, 3074. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.03074>
- Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Al-Said, F. A., & Opara, U. L. (2013). Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences-A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(2), 303–329. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0932-4>
- Drulhe Aleman, E. (1989). *Modified Atmospheres and Foodstuff Products. Packaging in an MA*. Apria
- Kameník J., & Dušková M. (2016). Lactic acid bacteria and their role in the meat processing. *Theory and Practice of Meat Processing*, 1(1), 25–31. <https://doi.org/10.21323/2114-441X-2016-1-25-31>
- Kompanets, V. O., Kudryashov, S. I., Totordava, E. R., Shelygina, S. N., Sokolova, V. V., Saraeva, I. N., Kovalev, M. S., Ionin, A. A., & Chekalin, S. V. (2021). Femtosecond infrared laser spectroscopy of characteristic molecular vibrations in bacteria in the 6-μm spectral range. *JETP Letters*, 113, 365–369 <https://doi.org/10.1134/S0021364021060060>
- Nieminen, T. T., Nummela, M., & Björkroth, J. (2015). Packaging gas selects lactic acid bacterial communities on raw pork. *Journal of Applied Microbiology*, 119(5), 1310–1316. <https://doi.org/10.1111/jam.12890>
- Saraeva, I., Tolordava, E., Sheligyna, S., Nastulyavichus, A., Khmel'nitskii, R., Pokryshkin, N., Khmelenin, D., Kudryashov, S., Ionin, A., & Akhmatkhanov, A. (2023). FT-IR Analysis of *P. aeruginosa* Bacteria Inactivation by Femtosecond IR Laser Radiation. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5119. <https://doi.org/10.3390/ijms24065119>
- Shelygina, S. N., Saraeva, I. N., Tolordava, E. R., Nastulyavichus, A. A., & Kudryashov, S. I. (2023). Infrared laser inactivation of pathogenic bacteria through a polyethylene film. *Bulletin of the Lebedev Physics Institute*, 50, 434–437. <https://doi.org/10.3103/S1068335623100081>
- Singh V. P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation – a review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104–111. <https://doi.org/10.4314/ovj.v8i1.16>