

МРНТИ 65.59.03

А.М. Таева<sup>1</sup> – основной автор, ©  
А.Х. Бейсембаева<sup>2</sup>, Н.К. Абильмажинова<sup>3</sup>,  
А.К. Курманбекова<sup>4</sup>, М.А. Абсалимова<sup>5</sup>



<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2,4</sup>Магистр, сеньор-лектор,  
<sup>3,5</sup>PhD, ассистент-профессор

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4766-9364> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9453-0448>  
<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-7398-2242> <sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-0520-1947>  
<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0003-2856-1013>



<sup>1,2,3,4,5</sup>Алматинский технологический университет,



Алматы, Казахстан



<sup>1</sup>[aigul.taeva@gmail.com](mailto:aigul.taeva@gmail.com)

<https://doi.org/10.55956/QCYL6055>

## ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОРТИФИЦИРОВАННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований по фортификации полукопчёных колбас из мяса конины микроэлементами селеном (Se) и цинком (Zn) с целью повышения их пищевой и функциональной ценности. Определены физико-химические и микробиологические показатели готовых изделий в процессе хранения. Перекисное число (ПЧ) жира на начальном этапе («0 сутки») составляло  $3,85 \pm 0,05$  ммоль  $O_2$ /кг в образце с Se и  $3,71 \pm 0,05$  ммоль  $O_2$ /кг в образце с Zn. К 30-м суткам хранения значения увеличились до  $7,55 \pm 0,10$  и  $8,98 \pm 0,12$  ммоль  $O_2$ /кг соответственно, оставаясь ниже предельного сенсорного порога (10 ммоль  $O_2$ /кг). Установлено, что селен проявляет более выраженное антиоксидантное действие, замедляя развитие первичного окисления липидов по сравнению с цинком. Влагоудерживающая способность (ВУС) составила  $63,1 \pm 0,82\%$  для варианта с Se и  $64,2 \pm 0,83\%$  для варианта с Zn, что на 1,1-3,4% выше контрольного образца. Это свидетельствует о высокой способности белково-жировой матрицы удерживать влагу без необходимости введения дополнительных гидроколлоидов. Микробиологические показатели соответствовали нормативам: КМАФАнМ –  $(8,8-9,9) \times 10^2$  КОЕ/г, БГКП, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus* и сульфитредуцирующие кластридии – не обнаружены. Содержание селена в готовых изделиях составило 0,011-0,014 мг/100 г (11-14 мкг/100 г), цинка – 1,15-1,51 мг/100 г, что соответствует верхнему диапазону значений для аналогичных мясных продуктов. Полученные результаты подтверждают эффективность использования селена и цинка для фортификации полукопчёных колбас, обеспечивая повышение антиоксидантной стабильности, влагосвязывающей способности и микробиологической безопасности без ухудшения сенсорных свойств продукта.

**Ключевые слова:** фортификация мясных изделий, микробиологические показатели, перекисное число, влагоудерживающая способность.



Таева, А.М. Исследования физико-химических и микробиологических показателей фортифицированных колбасных изделий [Текст] / А.М. Таева, А.Х. Бейсембаева, Н.К. Абильмажинова, А.К. Курманбекова, М.А. Абсалимова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2026. – №2(92). – С.73-87. <https://doi.org/10.55956/QCYL6055>

**Введение.** Современный метод внесения недостающих эссенциальных веществ к продуктам с целью повышения их уровня выше естественного за рубежом называется «фортификация» или «усиление» (fortification).

Фортификацией продуктов питания является метод комплексного обогащения продуктов питания нутриентами: витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами, а также биологически активными веществами, добавками к пище природного происхождения, в том числе бифидобактериями, олигосахаридами и др. Данный метод применим в случае дефицита нутриентов в рационе питания человека. В соответствии с принятой классификацией - обогащенные, или фортифицированные, продукты относятся к группе продуктов функционального питания. Фортификации подвергаются продукты массового спроса и регулярного потребления [1].

Рынок колбасных изделий отличается разнообразием – ассортимент продуктов здесь очень широк. Число представленных на рынке марок и разновидностей увеличивается [2].

Согласно статистике Республики Казахстан, совокупное потребление колбасных изделий на одного человека составляет 9-10 кг в год. В том числе варёная колбаса – 2,6-2,7 кг/чел·год, полукопчёная – 4,0 кг/чел·год, сосиски и сардельки – 2,3-2,5 кг/чел·год [3].

Мясо и мясопродукты при всем богатстве химического состава содержат недостаточное количество микронутриентов. В связи с этим учеными доказана актуальность комплексного использования продукции животного и растительного происхождения.

Обогащенные (функциональные) мясные изделия – это относительно новая группа мясопродуктов, разработка и промышленное внедрение данных изделий не связаны с изменением привычек питания, не воспринимаются человеком как прием лекарственных средств, поэтому очень важно информировать население и формировать стабильный потребительский спрос на них [4].

Особый интерес представляет обогащение полукопченых колбас важными микроэлементами, такими как селен и цинк, поскольку они часто отсутствуют в рационе населения.

Цинк (Zn) является одним из важнейших микронутриентов для роста и иммунной системы. Он является необходимым компонентом ферментов и играет важную роль в клеточном росте и дифференцировке тканей. Поскольку в организме человека нет долгосрочной системы хранения Zn, для поддержания этих функций и сохранения обменного пула Zn необходимо постоянное поступление его с пищей [5].

Несмотря на его доступность в природе, его биодоступность в организме человека далека от удовлетворительной. Дефицит цинка серьёзно затронул почти 33% населения, в основном негородское. Согласно ранее опубликованному докладу, дефицит цинка ежегодно становится причиной почти 116 000 смертей во всём мире [6].

Селен (Se) считают элементом-антиоксидантом. Функции селена в организме довольно разнообразны. Прежде всего, селен является сильным антиоксидантом, препятствуя развитию опухолевых процессов и старению организма [7].

Микроэлемент селен является необходимым нутриентом для нормального функционирования организма человека, входя в состав практически всех органов и тканей. Согласно современным представлениям

биологическая роль селена в первую очередь определяется его антиоксидантным и иммуномодулирующим действием. Недостаток селена приводит к возникновению ряда болезненных симптомов и серьезных патологий [8].

Добавление органических форм селена, таких как селено-метионин или селеносодержащие дрожжи, показало высокую биодоступность и положительное влияние на окислительную стабильность мясных изделий, снижая риск прогоркания и увеличивая срок хранения продукции [9].

Одновременно исследования российских и зарубежных авторов показали, что оптимальные дозировки селена (около 0,2-0,4 мг/100 г продукта) не оказывают отрицательного влияния на вкус, аромат и цвет готовых изделий [10].

Цинк, в свою очередь, необходим для функционирования более чем 300 ферментов, участвующих в обмене белков, жиров и углеводов, а также в формировании иммунного ответа. Его недостаточность приводит к нарушению роста, снижению устойчивости организма к инфекциям и замедлению регенеративных процессов. Применение минеральных солей цинка, таких как  $ZnSO_4$  или хелатные формы, в составе мясных изделий позволило увеличить содержание элемента в готовом продукте без ухудшения сенсорных характеристик и технологических свойств [11]. При этом цинк способствует улучшению влагоудерживающей способности белков и повышает сочность колбасных изделий, что особенно важно для полукопченых колбас, потребляемых в свежем виде.

Обогащение мясных продуктов селеном и цинком рассматривается как перспективное направление, позволяющее достичь синергетического эффекта. Исследования последних лет подтверждают, что использование этих микроэлементов повышает антиоксидантный потенциал продукции, обеспечивает лучшее сохранение органолептических свойств в процессе хранения и одновременно повышает её функциональную ценность [12]. Так, было показано, что потребление 100 г колбасных изделий обогащённых Se и Zn, может покрыть до 30-40% суточной нормы селена и до 25% нормы цинка, что делает такие продукты профилактическими средствами против микроэлементозов.

Кроме того, перспективным считается добавление селена в корм для бройлеров – это практичный способ улучшить вкус и увеличить срок хранения мяса коммерческой курицы, одновременно улучшив её качественные показатели [13].

Таким образом, результаты многочисленных исследований последних лет подтверждают эффективность фортификации полукопченых колбас селеном и цинком. Применение органических форм микроэлементов является наиболее предпочтительным благодаря их высокой биодоступности и нейтральному влиянию на органолептические характеристики. Научные данные свидетельствуют о том, что такие продукты можно рассматривать как функциональные, способные не только удовлетворять потребности организма в питательных веществах, но и выполнять профилактическую роль, снижая риск развития алиментарно-зависимых заболеваний. Целью данного исследования являлось определить влияние селена и цинка на влагоудерживающую способность и на увеличение срока хранения колбасных изделий.

**Условия и методы исследования.** Проведение исследования заключалось в определении физико-химических и микробиологических

показателей готовых мясных изделий. Объектами исследования являлись готовые полукопченые колбаски из мяса конины, рецептура и технология получения представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Рецептуры контрольного и опытных образцов полукопчёной колбасы с добавлением конины, обогащённой селеном и цинком

Наименование ингредиентов	Контрольный образец (без добавок), %	Опытный образец 1 (с селеном), %	Опытный образец 2 (с цинком), %
Конина (постная часть)	50,0	50,0	50,0
Свинина полужирная	25,0	25,0	25,0
Сало шпик	15,0	15,0	15,0
Вода (или колотый лёд)	7,0	7,0	7,0
Посолочная смесь (нитритная соль 0,6 %)	2,0	2,0	2,0
Сахар	0,2	0,2	0,2
Молотый чёрный перец	0,1	0,1	0,1
Мускатный орех	0,05	0,05	0,05
Аскорбиновая кислота	0,05	0,05	0,05
Соединение селена (селенит натрия, Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> )	-	0,002	-
Соединение цинка (сульфат цинка, ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	-	-	0,005
Итого	100,0	100,0	100,0

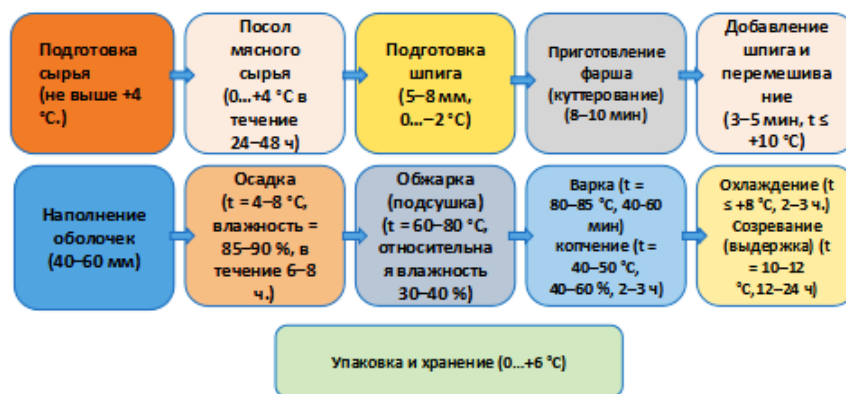


Рис. 1. Технологическая схема производства фортифицированных мясных изделий

Определение перекисного числа проводили по ГОСТ 34118-2017, с использованием реакции взаимодействия первичных продуктов окисления жира (перекисей и гидроперекисей) с йодистым калием в кислой среде, последующим титрованием раствором тиосульфата натрия и количественным определением выделившегося йода.

Определение влагоудерживающей способности проводили по методу Вартаняна, при помощи прессования образца мяса с помощью специального прибора (пресса) и последующем измерении массы воды (мясного сока),

выделившейся на фильтровальную бумагу под воздействием прилагаемой нагрузки.

Определение общего селена по ГОСТ 31707-2012, с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии с предварительной генерацией гидридов определяемых элементов в растворе пробы, минерализованной кислотой под давлением в соответствии с ГОСТ 31671.

Определение цинка по ГОСТ 30178-96, с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии после предварительной минерализации пробы, основанной на измерении поглощения излучения атомами цинка на определённой длине волны.

Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов проводили по ГОСТ 10444.15-94, при помощи разведения навески продукта в питательную среду, инкубировании посевов, подсчете всех выросших видимых колоний.

Определение количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) проводили по ГОСТ 31747-2012, посредством разведения навески продукта в жидкую селективную среду с лактозой, инкубировании посевов, учете положительных пробирок, пересеве культуральной жидкости в жидкую селективную среду для учета газообразования для подтверждения по биохимическим и культуральным признакам роста принадлежности выделенных колоний к колиформным бактериям.

Определение бактерий *Listeria monocytogenes* определяли по ГОСТ 32031-2012, путём последовательного обогащения исследуемой пробы, выделения на селективные питательные среды и последующего подтверждения видовой принадлежности с использованием биохимических и серологических тестов.

Определение *S. Aureus* проводили по ГОСТ 31746-2012, при помощи посева разведений навески продукта в жидкую селективную среду, инкубировании посевов, пересеве культуральной жидкости на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды, подтверждении по биохимическим признакам принадлежности выделенных типичных и атипичных колоний *S. aureus*.

Определение сульфитредуцирующих бактерий рода *Clostridium* проводили по ГОСТ 29185-2014, при помощи посева определенного количества продукта в плотные питательные среды, культивировании посевов в оптимальных для роста условиях и подсчета их количества и определения морфологических и биохимических свойств для подтверждения принадлежности сульфитредуцирующих бактерий к роду *Clostridium*.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На рисунке 2 представлены результаты анализа перекисного числа (ПЧ) мясных изделий.

Из рисунка видно, что в образцах полукопчёной колбасы, обогащённых селеном и цинком, ПЧ жира на «0 сутки» составляло  $3,85 \pm 0,05$  и  $3,71 \pm 0,05$  ммоль  $O_2$ /кг соответственно. К 20-м суткам возрастало до  $6,88-7,28$  ммоль  $O_2$ /кг, а к 30-м – до  $7,55 \pm 0,10$  (Se) и  $8,98 \pm 0,12$  (Zn) ммоль  $O_2$ /кг. Динамика ПЧ в наших образцах соответствует типичным диапазонам для ферментированных и полукопчёных колбас при холодильном хранении.

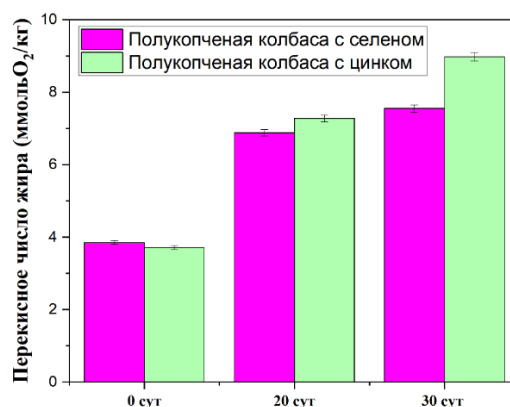


Рис. 2. Перекисное число опытных образцов

Так, в исследовании по ферментированным колбасам ПЧ исходного сырья ( $\sim 0,8$  ммоль O<sub>2</sub>/кг) после технологической обработки и хранения возрастало до 2,4–3,7 ммоль O<sub>2</sub>/кг, что согласуется с трендом накопления первичных продуктов окисления. Критерием развивающегося прогоркания в жирах/мясных жирах нередко считают порог порядка 10 ммоль O<sub>2</sub>/кг жира (некоторые руководства указывают диапазон 10–20 ммоль O<sub>2</sub>/кг для выраженных дефектов вкуса), поэтому наши значения к 30-м суткам остаются ниже общепотребимого порога сенсорной неприемлемости [14].

Так образец с селеном демонстрировал более низкое ПЧ на 30-е сутки (7,55 ммоль O<sub>2</sub>/кг) по сравнению с образцом с цинком (8,98 ммоль O<sub>2</sub>/кг), что указывает на несколько более выраженное сдерживание первичного окисления липидов в присутствии селена при прочих равных условиях хранения. Этот эффект согласуется с механизмами антиоксидантной защиты: селен в составе селенопротеинов (прежде всего глутатионпероксидазы) катализирует восстановление гидропероксидов липидов, ограничивая их накопление, тогда как цинк опосредованно повышает антиоксидантный статус как кофактор супероксиддисмутазы и через индукцию металлотионеина, но не всегда обеспечивает такое же подавление первичных продуктов окисления в готовых мясных системах [15].

При этом для продуктов животного происхождения показано, что повышение обеспеченности цинком может улучшать общую антиоксидантную ёмкость тканей и снижать показатели перекисного окисления, однако величина эффекта зависит от дозы, формы, рецептуры и технологии (ферментация, активность старт-культур, наличие растительных антиоксидантов, упаковка) [16]. В ряде работ добавление природных антиоксидантов или культур/дрожжей в колбасные фарши снижало наклон кривой роста ПЧ, продлевая срок годности и сенсорную приемлемость. Например, добавление дрожжей в салями заметно уменьшало ПЧ [17].

На рисунке 3 показаны результаты исследования влаго-удерживающей способности (ВУС) контрольного и опытных образцов.

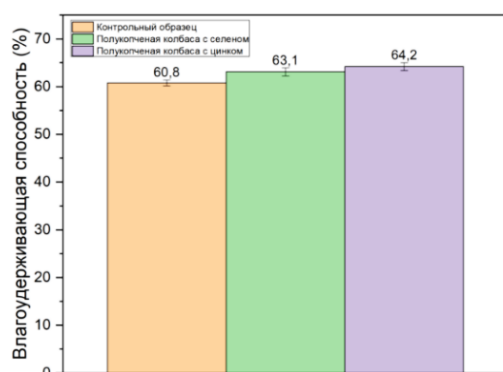


Рис. 3. Влагоудерживающая способность мясных изделий

В опытных образцах полукопчёной колбасы ВУС составила  $63,1 \pm 0,82\%$  для варианта с селеном и  $64,2 \pm 0,83\%$  для варианта с цинком, что на 1,1-3,4% выше контрольного образца. Это указывает на сопоставимую способность белково-жировой матрицы удерживать влагу в обоих рецептурах на исходной точке контроля. Мясное сырье изначально было обработано ферментативной закваской *Lactobacillus sakei*, большая вероятность модификации pH, активности воды и структуры геля, что косвенно сказывается на удержании влаги. В исследованиях ученых были выявлены изменения текстурных характеристик и влагосвязывания при инокуляции *L. Sakei* [18]. А также, в ряде работ селеновая биофортификация сырья повышала антиоксидантную ёмкость и могла опосредованно поддерживать ВУС [19]. Улучшению ВУС могли способствовать технологические приемы (выдержка, тумблирование, обработка) которые были применены при подготовке мясного сырья выбракованных коров перед дальнейшей переработкой в колбасы.

Полученные значения ВУС ~63-64% соответствуют ожидаемому диапазону для термически обработанных фаршевых систем без избыточного содержания влагоудерживающих добавок. Близость значений Se- и Zn-вариантов указывает, что при применённой рецептуре и технологии решающую роль в удержании влаги сыграли базовые факторы (солевая и фосфатная ионная сила, степень солюбилизации белков, pH-сдвиг и микроструктура), а не различия по микроэлементам. Это согласуется с механизмами, описанными в международной литературе [20].

В таблице 2-3 представлены результаты микробиологического анализа опытных образцов.

Таблица 2

Микробиологический анализ полукопченой колбасы с селеном

Показатели, ед. изм.	Норма по НД	Фактические результаты		НД
1	2	3		4
Микробиологические показатели:		20 сут	29 сут	
- КМАФАнМ, КОЕ/г	$1 \times 10^3$	$9,3 \times 10^2$	$9,9 \times 10^2$	ГОСТ 10444.15-94
- БГКП, в 1,0 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 31747-2012
- <i>L.monocytogen</i> , в 25 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 32031-2012

Продолжение таблицы 2

1	2	3		4
- <i>S.aureus</i> , в 1,0 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 31746-2012
- сульфитред. кlostридий, в 0,1 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 29185-2014

Таблица 3

## Микробиологический анализ полукопченной колбасы с цинком

Показатели, ед. изм.	Норма по НД	Фактические результаты		НД
1	2	3		4
Микробиологические показатели:		20 сут	29 сут	
- КМАФАнМ, КОЕ/г	$1 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$8,9 \times 10^2$	ГОСТ 10444.15-94
- БГКП, в 1,0 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 31747-2012
- <i>L.monocytogen</i> , в 25 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 32031-2012
- <i>S.aureus</i> , в 1,0 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 31746-2012
- сульфитред. кlostридий, в 0,1 г продукта	Н/д	-	-	ГОСТ 29185-2014

В обоих вариантах полукопчёной колбасы (Se- и Zn-фортифицированной) общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) при хранении оставалось на низком уровне порядка  $10^3$  КОЕ/г. Так, для варианта с селеном КМАФАнМ составили  $9,3 \times 10^2$  и  $9,9 \times 10^2$  КОЕ/г на 20-е и 29-е сутки, соответственно. Для варианта с цинком –  $8,8 \times 10^2$  и  $8,9 \times 10^2$  КОЕ/г на 20-е и 29-е сутки. Бактерии группы кишечных палочек (БГКП) в 1 г, *Listeria monocytogenes* в 25 г, *Staphylococcus aureus* в 1 г и сульфитредуцирующие кlostридии в 0,1 г не обнаружены (во всех точках контроля), что соответствует требованиям методов ГОСТ 10444.15-94, 31747-2012, 32031-2012, 31746-2012, 29185-2014.

Полученные уровни микробной обсеменённости хорошо согласуются с данными зарубежных работ для термически обработанных или копчёных колбас, где после тепловой или копильной стадии и при охлаждённом хранении типично фиксируют невысокие суммарные мезофильные счёты ( $10^2$ - $10^4$  КОЕ/г) на фоне доминирования молочнокислых бактерий и отсутствия индикаторных и патогенных групп при соблюдении технологии и гигиены производства. Например, в исследованиях динамики микробиоты сосисок и колбас при хранении и применении заквасок отмечено, что молочнокислые бактерии стабилизируют микробное сообщество и сдерживают нежелательные группы, а суммарные мезофильные счёты остаются умеренными в пределах допустимых значений для готовых продуктов при охлаждении [21].

Отсутствие *L. monocytogenes* в 25 г продукта соответствует актуальным критериям безопасности ЕС для готовой пищевой продукции, поддерживающей рост *L. monocytogenes*: «не допускается обнаружение в 25 г» на момент выпуска, а при невозможности валидации – на протяжении

срока годности. Эти требования закреплены Регламентом (ЕС) № 2073/2005 и его обновлениями 2019-2024 гг. На практике достижение критерия обеспечивается суммой таких «барьеров» как: тепловая обработка, снижение aw/pH, нитрит, соль, вакуум/МАП-упаковка, биозащитные культуры [22].

Использование молочнокислой культуры *Lactobacillus sakei*, послужило эффективным биозащитным приёмом против *L. monocytogenes* и ряда психротрофных спойлеров в образцах. Более того показано количественное подавление роста *L. monocytogenes* в широком диапазоне температур хранения копчёных и варёных мясных изделий, особенно при сочетании с другими технологическими приемами [23].

Вместе с тем отдельные работы подчёркивают, что выраженность анти-*Listeria*-эффекта зависит от штамма, матрицы продукта и условий (pH, aw, соль, нитрит, упаковка) [24].

Таким образом низкие и стабильные значения КМАФАнМ (~10<sup>3</sup> КОЕ/г) на 20-29 сутки указывают на эффективный контроль общей обсеменённости и преобладание технологически правильной микробиоты при охлаждённом хранении. Систематическое отсутствие БГКП, *S. aureus*, сульфитредуцирующих клостридий и *L. monocytogenes* подтверждает корректность теплового режима копчения, санитарии и упаковки и соответствует международным ожиданиям для безопасных мясных изделий. Эти выводы согласуются с обзорами и экспериментальными данными по микробной динамике колбас при хранении и роли биозащиты [25].

В таблице 4 представлены результаты исследования минеральных веществ в составе опытных образцов.

Таблица 4.

Минеральный состав опытных образцов

Показатели, ед. изм.	Фактические результаты		НД	
	1	2		3
		П/к с селеном	П/к с цинком	
-селен, мг/100г		0,014±0,0002	0,013±0,0002	ГОСТ 31707-2012
-цинк, мг/100г		1,26±0,02	1,51±0,02	ГОСТ 30178-96

В образцах полукопченых изделий содержание селена составило 0,011-0,014 мг/100 г (11-14 мкг/100 г), цинка – 1,15-1,51 мг/100 г. С разбросом по разным видам мяса содержание селена составляет 90–120 мкг/кг, когда наши значения 11-14 мкг/100 г находятся в верхней части этого диапазона, что типично для мясных продуктов после посола и термообработки [26]. Для колбасных изделий медианные уровни Se по данным состава немецкого рынка составляют ~64-156 мкг/кг (т.е. 6,4-15,6 мкг/100 г), причём верхняя граница практически совпадает с нашими 14 мкг/100 г. Сходные величины для сосисок приводятся и в австралийском тотальном диетологическом исследовании, где нижнесредний уровень оценивался ~92 мкг/кг [27]. Для цинка наши 1,15-1,51 мг/100 г соответствуют опубликованным значениям для термически обработанных копчёных колбас с высокой влажностью (обычно ~0,8-2,5 мг/100 г), но ниже, чем у сухих ферментированных колбас, где из-за эффекта концентрации при сушке средний Zn достигает ≈3,3 мг/100 г (32,7 мг/кг). В ассортиментных сравнениях готовых мясных изделий (итальянская, хот-дог, чористо и др.) типичные уровни Zn колеблются ~2,1-2,4 мг/100 г, то есть также близки к нашим значениям [28].

**Заключение.** Таким образом, полученные нами уровни перекисного числа свидетельствуют о контролируемом, но поступательном развитии первичного окисления липидов в ходе 30-дневного хранения полукопченых колбас. Более низкие значения в образце с селеном по сравнению с цинком согласуются с ролью селена в ферментативной редукции гидропероксидов. С учётом международных порогов приемлемости по ПЧ (около 10 ммоль О<sub>2</sub>/кг жира), оба варианта к 30-м суткам остаются в пределах сенсорно допустимого уровня, но требуют оптимизации барьерных факторов (упаковка, антиоксидантные ингредиенты) для увеличения стабильности без ухудшения вкуса и безопасности. Полученные результаты влагоудерживающей способности подтверждают, что при рациональном сочетании ферментативной обработки, солевых и фосфатных условий возможно обеспечить высокую влагосвязывающую способность продукта без необходимости введения дополнительных гидроколлоидов или функциональных добавок. Это делает предложенные варианты рецептур перспективными для производства обогащённых колбасных изделий с сохранением требуемых технологических и сенсорных характеристик. Микробиологические показатели наших образцов соответствуют требованиям безопасности и гигиены для полукопченых колбас на всём исследованном интервале. Полученные нами уровни Se 11-14 мкг/100 г и Zn 1,15-1,51 мг/100 г хорошо вписываются в опубликованные диапазоны для сопоставимых категорий колбасных изделий: по селену – у верхней границы типичных значений для колбас и выше среднего для сырого мяса и по цинку – в интервале, характерном для копчёных изделий и ниже значений сухих ферментированных колбас, что объясняется различиями по влажности и доле нежирного сырья.

Таким образом, совокупность полученных данных подтверждает эффективность разработанных технологических решений и их потенциал для создания функциональных мясных изделий с улучшенными показателями качества, стабильности и безопасности.

#### Список литературы

1. Табакаева, О.В. Перспективы фортификации мясных вареных изделий из мяса птицы бурыми водорослями [Текст] / О.В. Табакаева [и др.] // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2025. – Т. 71, № 1. – С. 81-92.
2. Наумова, Н.Л. Технологические параметры производства вареных колбас из мяса свинины и говядины, обогащенных селеном и комплексом витаминов [Текст] / Н.Л. Наумова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2013. – Т. 1, № 2. – С. 23-29.
3. Бюро национальной статистики Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/> (дата обращения: 01.10.2025).
4. Остаева, Э.А. Разработка вареных колбас специального назначения [Текст] / Э.А. Остаева // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – 2018. – С. 170-172.
5. Gibson R.S., Anderson V.P. A review of interventions based on dietary diversification or modification strategies with the potential to enhance intakes of total and absorbable zinc // Food and Nutrition Bulletin. – 2009. – Vol. 30. – No. 1. – P. S108-S143.
6. Galetti V. Zinc deficiency and stunting // Handbook of Famine, Starvation, and Nutrient Deprivation, 2018. – 1-23 p.

7. Микроэлемент селен и селенодефицит. Пищевые технологии и биопродукты из Забайкальского региона России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://propionix.ru/mikroelement-selen-i-selenodeficit>.
8. Наумова, Н.Л. Технологические аспекты обогащения вареной колбасы из мяса птицы [Текст] / Н.Л. Наумова, В.М. Позняковский // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 6. – С. 26-34.
9. de Ciriano M.G.I., Ansorena D., Astiasarán I. Selenium, iodine,  $\omega$ -3 PUFA and natural antioxidant from *Melissa officinalis* L.: A combination of components from healthier dry fermented sausages formulation // *Meat Science*. – 2010. – Vol. 85. – No. 2. – P. 274-279.
10. Галочкина, Н.А. Альтернативные источники селена для коррекции селендефицитных состояний [Текст] / Н.А. Галочкина, И.А. Глотова, М.А. Крעותень // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-2. – С. 315-316.
11. Jiménez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods // *Meat Science*. – 2001. – Vol. 59. – No. 1. – P. 5-13.
12. Borisenko A., et al. Expanding the range of fortified meat products through the targeted combination of raw materials of animal and vegetable origin // *Slovak Journal of Food Sciences*. – 2024. – Vol. 18.
13. Wei C., et al. Meta-analysis of selenium effects on the meat quality of broilers // *Poultry Science*. – 2024. – Vol. 103. – No. 4. – Art. 103523.
14. Wang J., et al. Improving the flavor of fermented sausage by increasing its bacterial quality via inoculation with *Lactobacillus plantarum* MSZ2 and *Staphylococcus xylosum* YCC3 // *Foods*. – 2022. – Vol. 11. – No. 5. – Art. 736.
15. D'Amato R., Regni L., Falcinelli B., et al. Current knowledge on selenium biofortification to improve the nutraceutical profile of food: A comprehensive review // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2020. – Vol. 68. – No. 14. – P. 4075-4097.
16. Dukare S., Mir N.A., Mandal A.B., et al. A comparative study on the antioxidant status, meat quality, and mineral deposition in broiler chicken fed dietary nano zinc viz-a-viz inorganic zinc // *Journal of Food Science and Technology*. – 2021. – Vol. 58. – No. 3. – P. 834-843.
17. Liu Y., et al. Antioxidant effect of yeast on lipid oxidation in salami sausage // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 13. – Art. 1113848.
18. Liu M., et al. Effect of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosum* on the textural characteristics of dry fermented sausages // *Food Bioscience*. – 2024. – Vol. 59. – Art. 103972.
19. Huang Y., et al. Selenium biofortification of soybean sprouts: Effects of selenium enrichment on proteins, protein structure, and functional properties // *Frontiers in Nutrition*. – 2022. – Vol. 9. – Art. 849928.
20. Johnsen S.O., Magnusson M., Arason S., et al. Effects of phosphates and salt in ground raw and cooked farmed cod (*Gadus morhua*) muscle studied by the water holding capacity (WHC), and supported by <sup>31</sup>P-NMR measurements // *Journal of Food Science*. – 2009. – Vol. 74. – No. 3. – P. C211-C220.
21. Pothakos V., Samapundo S., Devlieghere F. Total mesophilic counts underestimate in many cases the contamination levels of psychrotrophic lactic acid bacteria (LAB) in chilled-stored food products at the end of their shelf-life // *Food Microbiology*. – 2012. – Vol. 32. – No. 2. – P. 437-443.
22. Verdure C. The (EC) Regulation on Microbiological Criteria: A General Overview // *European Food and Feed Law Review*. – 2008. – Vol. 3. – No. 3. – P. 172-177.
23. Zhu M., Du M., Cordray J., Ahn D.U. Control of *Listeria monocytogenes* contamination in ready-to-eat meat products // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2005. – Vol. 4. – No. 2. – P. 34-42.
24. Grigore-Gurgu L., et al. Comprehensive review on the biocontrol of *Listeria monocytogenes* in food products // *Foods*. – 2024. – Vol. 13. – No. 5. – Art. 734.

25. Barbieri F., et al. Bio-preservation and bio-active compounds as sustainable strategies to improve quality and safety of fresh and fermented products. – Granada: Universidad de Granada, 2023.
26. Almani S., Memon A.R., Leghari I.H., et al. Selenium contents in different types of raw and processed meat products, consumed among the general population of Pakistan // Biological Trace Element Research. – 2020. – Vol. 193. – No. 2. – P. 357-363.
27. Schöne F., et al. Composition of pork and German meat products with a focus on iron, selenium and iodine // Journal of Food Composition and Analysis. – 2023. – Vol. 119. – Art. 105246.
28. Nguyen Q., Roseland J., Williams J. Nutrient Values for Different Types of Sausage, From USDA Research Studies // Meat and Muscle Biology. – 2019. – Vol. 3. – No. 1.

*Исследования выполнены в рамках проекта AP23488862 «Разработка комплекса интенсифицирующих способов глубокой переработки мясомолочного сырья с низкими технологическими показателями и получение на их основе фортифицированных продуктов», профинансированного Комитетом науки МНВО РК.*

*Материал поступил в редакцию 18.10.25, принят 28.04.26.*

**А.М. Таева<sup>1</sup>, А.Х. Бейсембаева<sup>1</sup>, Н.К. Абильмажинова<sup>1</sup>,  
А.К. Курманбекова<sup>1</sup>, М.А. Абсалимова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

#### **ФОРТИФИКАЦИЯЛАНҒАН ШҰЖЫҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа.** Жұмыста жылқы етінен жасалған жартылай ысталған шұжықтардың тағамдық және функционалдық құндылығын арттыру мақсатында микроэлементтермен селен (Se) және мырышпен (Zn) фортификациялау бойынша зерттеу нәтижелері ұсынылған. Сақтау процесінде дайын өнімнің физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштері анықталды. Бастапқы кезеңде («0 тәулік») майдың пероксидтік саны Se бар үлгіде  $3,85 \pm 0,05$  ммоль O<sub>2</sub>/кг және Zn бар үлгіде  $3,71 \pm 0,05$  ммоль O<sub>2</sub>/кг болды. Сақтаудың 30-шы күніне қарай мәндер тиісінше  $7,55 \pm 0,10$  және  $8,98 \pm 0,12$  ммоль O<sub>2</sub>/кг-ға дейін өсті, шекті сенсорлық шекті деңгейден (10 ммоль O<sub>2</sub>/кг) төмен болды. Селен мырышпен салыстырғанда липидтердің бастапқы тотығуының дамуын бәсеңдету арқылы анағұрлым айқын антиоксиданттық әсер ететіні анықталды. Ылғалды сақтау қабілеті Se нұсқасы үшін  $63,1 \pm 0,82\%$  және Zn нұсқасы үшін  $64,2 \pm 0,83\%$  құрады, бұл бақылау үлгісінен 1,1-3,4% жоғары. Бұл қосымша гидроколлоидтарды енгізуді қажет етпей, ақуыз-май матрицасының ылғалды сақтау қабілетінің жоғарылығын көрсетеді. Микробиологиялық көрсеткіштер нормативтерге сәйкес келді: КМАФАнМ –  $(8,8-9,9) \times 10^2$  КОЕ/г, БГКП, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus* және сульфитредуктивті клостридиялар анықталмады. Дайын өнімдердегі селен мөлшері 0,011-0,014 мг/100 г (11-14 мкг/100 г), мырыш – 1,15-1,51 мг/100 г құрады, бұл ұқсас ет өнімдері үшін мәндердің жоғарғы диапазонына сәйкес келеді. Нәтижелер өнімнің сенсорлық қасиеттерін нашарлатпай антиоксиданттық тұрақтылықты, ылғал байланыстыру қабілетін және микробиологиялық қауіпсіздікті арттыра отырып, жартылай ысталған шұжықтарды фортификациялау үшін селен мен мырышты қолданудың тиімділігін растайды.

**Тірек сөздер:** ет өнімдерін фортификациялау, микробиологиялық көрсеткіштер, пероксидті сан, ылғал ұстау қабілеті.

**A.M. Taeva<sup>1</sup>, A.Kh. Beisembaeva<sup>1</sup>, N.K. Abilmazhinova<sup>1</sup>,  
A.K. Kurmanbekova<sup>1</sup>, M.A. Absalimova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

#### RESEARCH ON THE PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF FORTIFIED SAUSAGE PRODUCTS

**Abstract.** The paper presents the results of research on the fortification of semi-smoked horse meat sausages with the trace elements selenium (Se) and zinc (Zn) in order to increase their nutritional and functional value. The physicochemical and microbiological parameters of the finished products during storage were determined. The peroxide value (PV) of fat at the initial stage ("0 days") was  $3.85 \pm 0.05$  mmol O<sub>2</sub>/kg in the sample with Se and  $3.71 \pm 0.05$  mmol O<sub>2</sub>/kg in the sample with Zn. By the 30th day of storage, the values increased to  $7.55 \pm 0.10$  and  $8.98 \pm 0.12$  mmol O<sub>2</sub>/kg, respectively, remaining below the sensory threshold (10 mmol O<sub>2</sub>/kg). It was found that selenium exhibits a more pronounced antioxidant effect, slowing down the development of primary lipid oxidation compared to zinc. Moisture retention capacity (MRC) was  $63.1 \pm 0.82\%$  for the Se variant and  $64.2 \pm 0.83\%$  for the Zn variant, which is 1.1-3.4% higher than the control sample. This indicates a high ability of the protein-fat matrix to retain moisture without the need for additional hydrocolloids. Microbiological indicators complied with the standards: KMAFA-nM –  $(8.8-9.9) \times 10^2$  CFU/g, BGKP, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus* and sulphite-reducing clostridia – not detected. The selenium content in the finished products was 0.011-0.014 mg/100 g (11-14 µg/100 g), zinc – 1.15-1.51 mg/100 g, which corresponds to the upper range of values for similar meat products. The results confirm the effectiveness of using selenium and zinc to fortify semi-smoked sausages, ensuring increased antioxidant stability, moisture-binding capacity, and microbiological safety without compromising the sensory properties of the product.

**Keywords:** fortification of meat products, microbiological indicators, peroxide value, moisture retention capacity.

#### References

1. Tabakaeva O.V., et al. Perspektivy fortifikatsii myasnykh varenykh izdelii iz myasa ptitsy burymi vodoroslyami [Prospects for Fortification of Cooked Poultry Meat Products with Brown Algae] // Scientific Proceedings of Dalrybvtuz. – 2025. – Vol. 71. – No. 1. – P. 81-92. [in Russian].
2. Naumova N.L. Tekhnologicheskie parametry proizvodstva varenykh kolbas iz myasa svininy i govyadiny, obogashchennykh selenom i kompleksom vitaminov [Technological Parameters for Production of Cooked Sausages from Pork and Beef Enriched with Selenium and a Vitamin Complex] // Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. – 2013. – Vol. 1. – No. 2. – P. 23-29. [in Russian].
3. Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource]. – Access mode: <https://stat.gov.kz/> (Date of access 01.10.2025). [in Russian].
4. Ostaeva E.A. Razrabotka varenykh kolbas spetsial'nogo naznacheniya [Development of Special-Purpose Cooked Sausages] // Bulletin of Scientific Works of Young Scientists, Postgraduates, Master's Students and Students of Gorky State Agrarian University. – 2018. – P. 170-172. [in Russian].
5. Gibson R.S., Anderson V.P. A review of interventions based on dietary diversification or modification strategies with the potential to enhance intakes of

- total and absorbable zinc // *Food and Nutrition Bulletin*. – 2009. – Vol. 30. – No. 1. – P. S108-S143.
6. Galetti V. Zinc deficiency and stunting // *Handbook of Famine, Starvation, and Nutrient Deprivation*, 2018. – 1-23 p.
  7. Selenium Trace Element and Selenium Deficiency. *Food Technologies and Bioproducts from the Transbaikal Region of Russia* [Electronic resource]. – Access mode: <http://propionix.ru/mikroelement-selen-i-selenodeficit>. [in Russian].
  8. Naumova N.L., Poznyakovskii V.M. Tekhnologicheskie aspekty obogashcheniya varenoi kolbasy iz myasa ptitsy [Technological Aspects of Enrichment of Cooked Poultry Sausage] // *Technology and Commodity Science of Innovative Food Products*. – 2013. – No. 6. – P. 26-34. [in Russian].
  9. de Ciriano M.G.I., Ansorena D., Astiasarán I. Selenium, iodine,  $\omega$ -3 PUFA and natural antioxidant from *Melissa officinalis* L.: A combination of components from healthier dry fermented sausages formulation // *Meat Science*. – 2010. – Vol. 85. – No. 2. – P. 274-279.
  10. Galochkina N.A., Glotova I.A., Krekoten' M.A. Al'ternativnye istochniki selena dlya korreksii selendefitsitnykh sostoyanii [Alternative Sources of Selenium for Correction of Selenium Deficiency Conditions] // *Modern High Technologies*. – 2013. – No. 8-2. – P. 315-316. [in Russian].
  11. Jiménez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods // *Meat Science*. – 2001. – Vol. 59. – No. 1. – P. 5-13.
  12. Borisenko A., et al. Expanding the range of fortified meat products through the targeted combination of raw materials of animal and vegetable origin // *Slovak Journal of Food Sciences*. – 2024. – Vol. 18.
  13. Wei C., et al. Meta-analysis of selenium effects on the meat quality of broilers // *Poultry Science*. – 2024. – Vol. 103. – No. 4. – Art. 103523.
  14. Wang J., et al. Improving the flavor of fermented sausage by increasing its bacterial quality via inoculation with *Lactobacillus plantarum* MS22 and *Staphylococcus xylosum* YCC3 // *Foods*. – 2022. – Vol. 11. – No. 5. – Art. 736.
  15. D'Amato R., Regni L., Falcinelli B., et al. Current knowledge on selenium biofortification to improve the nutraceutical profile of food: A comprehensive review // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2020. – Vol. 68. – No. 14. – P. 4075-4097.
  16. Dukare S., Mir N.A., Mandal A.B., et al. A comparative study on the antioxidant status, meat quality, and mineral deposition in broiler chicken fed dietary nano zinc viz-a-viz inorganic zinc // *Journal of Food Science and Technology*. – 2021. – Vol. 58. – No. 3. – P. 834-843.
  17. Liu Y., et al. Antioxidant effect of yeast on lipid oxidation in salami sausage // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 13. – Art. 1113848.
  18. Liu M., et al. Effect of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosum* on the textural characteristics of dry fermented sausages // *Food Bioscience*. – 2024. – Vol. 59. – Art. 103972.
  19. Huang Y., et al. Selenium biofortification of soybean sprouts: Effects of selenium enrichment on proteins, protein structure, and functional properties // *Frontiers in Nutrition*. – 2022. – Vol. 9. – Art. 849928.
  20. Johnsen S.O., Magnusson M., Arason S., et al. Effects of phosphates and salt in ground raw and cooked farmed cod (*Gadus morhua*) muscle studied by the water holding capacity (WHC), and supported by <sup>31</sup>P-NMR measurements // *Journal of Food Science*. – 2009. – Vol. 74. – No. 3. – P. C211-C220.
  21. Pothakos V., Samapundo S., Devlieghere F. Total mesophilic counts underestimate in many cases the contamination levels of psychrotrophic lactic acid bacteria (LAB) in chilled-stored food products at the end of their shelf-life // *Food Microbiology*. – 2012. – Vol. 32. – No. 2. – P. 437-443.

22. Verdure C. The (EC) Regulation on Microbiological Criteria: A General Overview // European Food and Feed Law Review. – 2008. – Vol. 3. – No. 3. – P. 172-177.
23. Zhu M., Du M., Cordray J., Ahn D.U. Control of *Listeria monocytogenes* contamination in ready-to-eat meat products // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2005. – Vol. 4. – No. 2. – P. 34-42.
24. Grigore-Gurgu L., et al. Comprehensive review on the biocontrol of *Listeria monocytogenes* in food products // Foods. – 2024. – Vol. 13. – No. 5. – Art. 734.
25. Barbieri F., et al. Bio-preservation and bio-active compounds as sustainable strategies to improve quality and safety of fresh and fermented products. – Granada: Universidad de Granada, 2023.
26. Almani S., Memon A.R., Leghari I.H., et al. Selenium contents in different types of raw and processed meat products, consumed among the general population of Pakistan // Biological Trace Element Research. – 2020. – Vol. 193. – No. 2. – P. 357-363.
27. Schöne F., et al. Composition of pork and German meat products with a focus on iron, selenium and iodine // Journal of Food Composition and Analysis. – 2023. – Vol. 119. – Art. 105246.
28. Nguyen Q., Roseland J., Williams J. Nutrient Values for Different Types of Sausage, From USDA Research Studies // Meat and Muscle Biology. – 2019. – Vol. 3. – No. 1.