

На правах рукописи



Джангирян Нарек Артурович

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЦЕНТРАТА МИЦЕЛЛЯРНОГО КАЗЕИНА,
ОБОГАЩЕННОГО ВИТАМИНОМ А**

4.3.3. Пищевые системы

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Ставрополь – 2024

Работа выполнена на базовой кафедре технологии мяса и мясных продуктов факультета
пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А. Г. Храмцова
Северо-Кавказского федерального университета

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Шипулин Валентин Иванович
Официальные оппоненты	Тихонов Сергей Леонидович доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пищевой инженерии аграрного производства ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» Шевченко Надежда Павловна кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина»
Ведущая организация	ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Защита состоится «14» февраля 2025 года в 12:00 на заседании диссертационного совета
24.2.398.07 при Северо-Кавказском федеральном университете по адресу: 355017, г. Ставрополь,
ул. Пушкина 1, корп. 20, ауд. 309.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке СКФУ по адресу: 355017,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1 и на сайте:
https://ncfu.ru/upload/medialibrary/6f3/mgvjmb7kaau0y0r6a6af75kns1tq894/Dissertatsiya-Dzhangiryan_N_A-.pdf

С авторефератом можно ознакомиться на сайте СКФУ:
<https://ncfu.ru/nauka/dissertatsionnye-sovety/obyavleniya-o-zashchite-dissertatsiy/29902/>

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.398.07
кандидат технических наук, доцент



Д. С. Мамай

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. На протяжении последних десятилетий различные отрасли мясоперерабатывающей промышленности претерпевают много изменений, которые обусловлены такими объективными факторами, как научно-технический прогресс и бурное развитие научных исследований в области пищевой технологии. Производство колбасных изделий, как одна из основных отраслей мясоперерабатывающей промышленности, является ярким тому примером. Совершенствуется технология производства, оптимизируются старые и разрабатываются новые рецептуры колбасных изделий. Интересным направлением усовершенствований такого рода является применение функциональных модулей для достижения различных технологических целей. В качестве таких модулей уже долгое время выступают белковые производные молока, такие как, например, концентраты молочных или сывороточных белков, различные казеинаты, копреципитаты, обезжиренное сухое молоко и др. Молочные белки обладают рядом важных с технологической точки зрения свойств и чаще всего применяются для достижения желаемых параметров готового продукта.

В последние годы в различных отраслях промышленности активно разрабатываются подходы к применению основного белка молока, казеина, в его нативном состоянии, коммерчески доступная форма которого называется концентратом мицеллярного казеина (КМК). В отечественной и мировой литературе практически отсутствуют работы, посвященные изучению влияния КМК на свойства колбасных изделий.

Еще одним направлением совершенствования продуктов питания является фортификация их витаминами для решения проблемы недостатка витаминов, которая хоть и в меньшей мере, но все же встречается даже среди людей, проживающих в развитых странах. Однако обогащение витаминами продуктов питания, которые подвергаются термической обработке, сопряжено с некоторыми трудностями. Эти трудности возникают при фортификации термически нестабильными витаминами, к которым относится, например, жирорастворимый витамин А. Для решения данной проблемы необходимо предпринимать меры, которые могут обеспечить защиту нестабильных молекул. В медицинской литературе в последние годы активно публикуются исследования, рассматривающие различные подходы к защите нестабильных препаратов с применением казеина, однако в пищевой промышленности такие целенаправленные подходы описываются гораздо реже.

Таким образом, актуальны и инновационны исследования, направленные на изучение влияния КМК на функционально-технологические, физико-химические свойства колбасных изделий и на разработку рецептур с применением данного концентрата, а также поиск путей применения КМК для обогащения продуктов питания термически нестабильными веществами.

Степень разработанности темы. Вопросам применения молочных белков в производстве колбасных изделий посвящено множество работ как отечественных, так и зарубежных ученых: Кичко Ю. С., Терентьева Е. В., Шамсутдинов Н. Р., Шипулин В. И., Abdolghafour B., Andrès S., Atughonu A. G., Barbut S., Ensor S. A., Hsu S. Y., Lu M. S., Ozturk-Kerimoglu B. и Youssef M. K. При этом анализ литературы показывает, что изучение возможности и целесообразности применения КМК в исследованиях такого рода практически не встречается. Проблема обогащения витаминами продуктов питания также достаточно разработана, например, в исследованиях Lotfi M., Maurya V. K., O'Brien A. и Yeh E. B., однако поиск путей защиты нестабильных витаминов представляет собой современную и актуальную задачу. Среди ученых, занимающихся изучением возможности применения казеина для защиты нестабильных соединений, можно отметить Naham M., Levinson Y., Menéndez-Aguirre O., Sáiz-Abajo M.-J., Zhang J.

Цель и задачи исследований. Разработка технологии производства вареных колбасок с применением концентрата мицеллярного казеина и технологии создания премикса ретинилпальмитата на основе КМК для обогащения вареных колбасок витамином А.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие **задачи**:

- осуществить аналитический обзор научной, технической и патентной литературы относительно свойств и применения молочных белков, в особенности казеина, в пищевой промышленности в целом и при производстве колбасных изделий в частности;
- обосновать и экспериментально подтвердить форму и уровень введения препарата КМК;
- исследовать влияние мицеллярного казеина на функционально-технологические свойства модельных фаршевых систем и готового продукта;
- разработать функциональный модуль на основе КМК с применением ретинилпальмитата и ретинола;
- изучить эффективность мицеллярной защиты витамина;
- разработать рецептуру и технологию нового вида вареных колбас и провести промышленную апробацию предлагаемых решений;
- провести расчет экономической эффективности предлагаемых решений, разработать и утвердить нормативную и техническую документацию на новый вид колбасных изделий.

Научная новизна работы. Предложено применение концентрата мицеллярного казеина и витаминного премикса на его основе при производстве вареных колбасных изделий. Установлено положительное влияние от введения КМК на функционально-технологические и органолептические свойства готового продукта, а также показана эффективность применения

мицеллярного казеина в качестве транспорта нестабильного ретинилпальмитата (сложного эфира витамина А и пальмитиновой кислоты). Исследованы биологическая и пищевая ценность готового продукта *in vitro*. Полученные результаты использованы при разработке технологии нового вида вареных колбасок с применением функционального модуля в виде витаминного премикса КМК.

Теоретическая и практическая значимость работы. По результатам проведенных исследований разработана и утверждена нормативная ТУ 10.13.14-002-0125514883-2023 и техническая ТИ 10.13.14-002-0125514883-2023 документация на новый вид вареных колбасок с концентратом мицеллярного казеина, а также подготовлены проекты ТУ 10.13.14-003-0125514883-2023 и ТИ 10.13.14-003-0125514883-2023 на продукцию с добавлением премикса витамина А на основе данного концентрата.

Новизна, приоритетность и практическая значимость технических решений, основанных на научных результатах, подтверждены объектом интеллектуальной собственности (патент № 2022132307 от 09.12.2022 «Способ производства белых колбасок из мяса птицы»).

Методология и методы исследований. Методологические основы диссертации включают труды отечественных и зарубежных ученых в области изучения свойств молочных белков и производства вареных колбасных изделий с их применением.

Стандартные, общепринятые и современные методы определения химического состава, органолептических, физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств, а также микробиологических показателей образцов и готовой продукции применялись при изучении объектов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований по применению концентрата мицеллярного казеина в технологии вареных колбасок;
- результаты исследований функционально-технологических и физико-химических свойств КМК и степень их влияния на свойства фаршевых систем вареных колбасок;
- технология создания премикса ретинилпальмитата на основе КМК, а также эффективность такого рода защиты для витамина;
- оценка влияния разработанного витаминного премикса на физико-химические, функционально-технологические, реологические, микробиологические и микроструктурные свойства готового продукта, а также его пищевую и биологическую ценность;
- рецептура и технология нового вида вареных колбасок.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов подтверждается многократной воспроизводимостью экспериментов с применением стандартных методов исследований и статистической обработки полученных данных; использованием

современных приборов и оборудования, прошедших поверку и имеющих установленный предел отклонений; проведением опытно-промышленных апробаций разработанной технологии. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных, российских и региональных научно-практических конференциях: «Университетская наука – региону» (Ставрополь, 2022), «Нарочанские чтения – XIV» (Минск, 2023), «Актуальные и инновационные технологии переработки агропищевого сырья и водных биологических ресурсов» (Краснодар, 2023).

По материалам диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, одно из изданий также индексируется базой данных Scopus, 1 статья в международном журнале, индексируемом базой данных Scopus, 3 входят в РИНЦ, 1 патент на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 159 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, заключительных положений, списка использованных сокращений и списка использованной литературы, состоящего из 138 источников, включает 23 рисунка, 27 таблиц и 9 приложений.

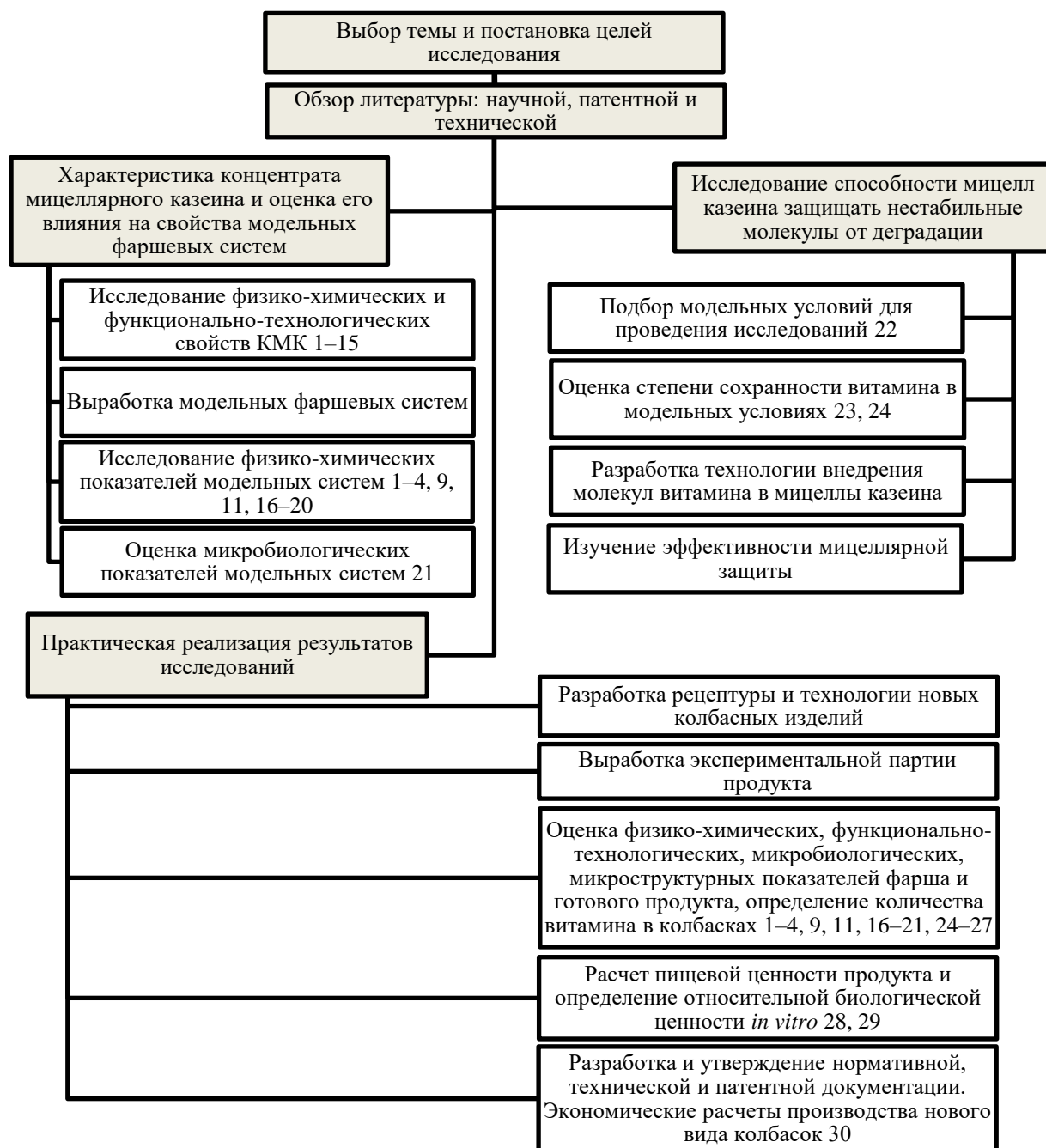
Основное содержание работы

Диссертация состоит из пяти глав, содержание которых описано в данном разделе.

Обзор литературных данных по свойствам и способам применения молочных белков (Глава 1).

Во второй главе приведена характеристика объектов исследования, методы исследования и организация проведения эксперимента (Рисунок 1).

В качестве объектов исследований были определены: концентрат мицеллярного казеина Lactoprime Pro MicCC85 (производитель BaltMilk, Литва); препарат ретинола пальмитат (производитель АО «Ретиноиды», г. Балашиха), а также ретинол, полученный из него; модельные фаршевые системы типа вареных колбасок, содержащие КМК; модельные фаршевые системы содержащие премикс ретинола пальмитата на основе КМК; белые колбаски из мяса птицы, изготовленные с применением КМК, а также премикса с витамином А на основе КМК.



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – массовая доля влаги, белка, жира, золы, лактозы, общего кальция, общего фосфора и натрия; 9 – pH; 10 – индекс растворимости; 11 – органолептическая оценка; 12, 13 – водо- и жиропоглощающие способности (ВПС и ЖПС); 14 – эмульгирующая способность; 15 – прочность образующихся гелей; 16 – влагосвязывающая способность (ВСС); 17 – предельное напряжение сдвига (ПНС); 18 – массовая доля NaCl; 19 – влагоудерживающая способность (ВУС); 20 – выход продукта; 21 – микробиологический анализ; 22 – оценка степени гомогенизации; 23, 24 – расчет степени деградации ретинола с помощью спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); 25 – степень пенетрации; 26 – микроструктурные изменения; 27 – сроки годности; 28 – относительная биологическая ценность; 29 – расчет пищевой ценности и калорийности; 30 – экономические расчеты.

Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Третья глава посвящена обоснованию целесообразности применения концентрата мицеллярного казеина при производстве колбасных изделий и при получении витаминного премикса.

На первом этапе были исследованы органолептические **показатели КМК** (цвет, внешний вид и аромат) и его физико-химические свойства. Полученные данные показали, что по ряду свойств КМК выгодно отличается от аналогичных препаратов, совмещая в себе более высокое содержание белка (85,3% против 80,6% для сычужного казеина) и более высокий уровень pH (7,1 против 6,8 для казеината натрия).¹

Содержание белка в КМК достигает 85%, что позволяет, для обеспечения эквивалентной замены мяса по белку при изготовлении мясопродуктов, проводить гидратацию белка в соотношении 1:4 (на 100 г гидратированного казеина около 17 г белка).

На следующем этапе проведены исследования функционально-технологических свойств (ФТС) мицеллярного казеина (Таблица 1). КМК обладает достаточно высокими уровнями водопоглощающей, жиропоглощающей и эмульгирующей способности, принимая промежуточные значения в сравнении с микропартикулятом (МСБ) и концентратом сывороточного белка (КСБ).

Таблица 1 – ФТС концентрата мицеллярного казеина (экспериментальные данные), МСБ и КСБ (литературные данные Шипулин В. И. и др.)² (n = 3, p < 0,05)

Показатели	Значения		
	КМК	МСБ	КСБ
Водопоглощающая способность, %	124,5±1,503	131,6	102,9
Жиропоглощающая способность, %	119,7±0,825	136,2	110,3
Эмульгирующая способность, г жира на 1 г белка	142,5±0,136	203,0	135,0
Гелеобразование (ПНС), Па при соотношении белковый препарат / H ₂ O:			
1:2	155,4±2,053	–	–
1:2 через 8 часов, t _{хр} = 6–8 °С	178,5±1,895	–	–
1:2 через 2 суток, t _{хр} = 6–8 °С	254,8±0,961	–	–
1:2 через 3 суток, t _{хр} = 6–8 °С	307,9±3,056	–	–

Изучение процесса гелеобразования показало, что КМК образует стойкие гели при уровне гидратации 1:2 (Таблица 1). В процессе хранения и термической обработки прочность гелей КМК увеличивается, что может быть обусловлено строением матрицы геля, образованной из мицелл нативного казеина, которая в процессе обработки становится более прочной и способна удерживать воду и жир в своей структуре.

¹ Huffman, L. M. Maximizing the Value of Milk Through Separation Technologies / L. M. Huffman, W. J. Harper // J. Dairy Sci. – 1999. – Vol. 82. – № 10. – P. 2238–2244.

² Шипулин, В. И. Теоретические и практические аспекты биотехнологии мясопродуктов с использованием микропартикулированного сывороточного белка / В. И. Шипулин, О. Н. Назарова // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – №1. – С. 55–62.

Для изучения эмульгирующей способности использовали 1% по белку растворы и растительное масло. Установлено, что исследуемый препарат обладает достаточно высокими эмульгирующими свойствами. Устойчивость стабилизированных эмульсий увеличивается с ростом концентрации масла в системе, достигая наибольшего значения при 60%. Так 1%-й раствор КМК способен эмульгировать 142,5 г жира, что на 5,6% больше, чем КСБ, но на 29,8% меньше, чем МСБ (Таблица 1).

На следующем этапе исследований были изготовлены *модельные фаршевые системы* с применением концентрата мицеллярного казеина с заменой 5, 10, 15 и 20% мяса гидратированным белковым препаратом с целью изучения его влияния на свойства мясных эмульсий (Таблица 2). При использовании КМК повышается значение рН фаршей, что обусловлено достаточно высоким показателем активности ионов водорода самого молочного белка (7,1). Также увеличиваются показатели содержания влаги и влагосвязывающая способность, обусловленные степенью гидратации казеина и его набухаемостью, соответственно. Общее содержание влаги в продукте возрастает на 5,0%, а ВСС – на 6,1% (при внесении 20% КМК). Показатель предельного напряжения сдвига (ПНС) в ряду модельных фаршевых систем при внесении 5% КМК практически не изменяется (убыль составляет 0,2%), при внесении 10, 15 и 20% КМК ПНС уменьшается на 1,3%, 3,2% и 4,2%, соответственно. Таким образом при замене 5 и 10% мясного сырья на КМК отличия в реологических свойствах незначительны, а при 15% – более ощутимы.

Таблица 2 – Качественные показатели мясных эмульсий, изготовленных с применением КМК (n = 3, p ≤ 0,005)

	Контроль	5% КМК	10% КМК	15% КМК	20% КМК
Величина рН, ед.	6,21±0,072	6,44±0,013	6,45±0,082	6,53±0,061	6,59±0,077
Содержание влаги, %	68,82±0,884	70,24±0,158	71,07±0,247	73,05±0,137	73,84±0,551
ВСС, % к общей влаге	90,71±1,046	94,48±0,244	95,26±0,195	96,48±0,034	96,78±0,335
ПНС, Па	680,07±1,211	678,43±0,282	671,45±0,179	658,44±0,112	651,2±0,841

После тепловой обработки, как и ожидалось, происходит снижение массовой доли влаги в среднем на 2–4% (Таблица 3). Наличие КМК в рецептуре не влияет в значительной степени на данный показатель. Также после термообработки немного повышается показатель активности ионов водорода как в контрольном образце, так и в опытных.

В опытных образцах готовых продуктов содержание белка изменяется незначительно, что обусловлено эквивалентной по белку заменой мясного сырья на КМК. С увеличением концентрации КМК в рецептуре до 20% содержание жира в продукте уменьшается на 3,3%. Помимо этого, применение мицеллярного казеина обуславливает более высокие значения

влажностоудерживающей способности (увеличивается вплоть до 8%) и выхода готового продукта в готовых изделиях (прирост до 10%).

Таблица 3 – Качественные показатели после термической обработки ($n = 3$, $U = 0$, $p = 0,0122$)

	Контроль	5% КМК	10% КМК	15% КМК	20% КМК
Содержание, %					
- влаги	67,46 $\pm 0,871$	68,74 $\pm 0,225$	70,25 $\pm 0,407$	71,17 $\pm 0,313$	71,96 $\pm 0,215$
- белка	16,75 $\pm 0,185$	16,75 $\pm 0,518$	16,96 $\pm 0,135$	17,12 $\pm 0,091$	17,20 $\pm 0,048$
- жира	12,90 $\pm 0,027$	12,31 $\pm 0,074$	11,30 $\pm 0,009$	10,84 $\pm 0,043$	9,56 $\pm 0,105$
- золы	1,50 $\pm 0,026$	1,64 $\pm 0,011$	1,72 $\pm 0,015$	1,75 $\pm 0,004$	1,65 $\pm 0,011$
в том числе NaCl	1,46 $\pm 0,007$	1,40 $\pm 0,015$	1,31 $\pm 0,021$	1,38 $\pm 0,009$	1,35 $\pm 0,023$
Величина pH, ед.	6,32 $\pm 0,054$	6,45 $\pm 0,008$	6,51 $\pm 0,005$	6,56 $\pm 0,024$	6,62 $\pm 0,012$
ВУС, % к общей влаге	87,32 $\pm 0,074$	89,87 $\pm 0,015$	93,53 $\pm 0,025$	94,75 $\pm 0,026$	95,01 $\pm 0,011$
Выход готового продукта, %	105,16 $\pm 0,037$	109,35 $\pm 0,030$	112,22 $\pm 0,071$	114,13 $\pm 0,022$	115,06 $\pm 0,113$

Микробиологический контроль готовых колбасок по таким показателям как КМАФАнМ, БГКП, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus* дает основание считать, что введение КМК в рецептуры колбасных изделий не ухудшает микробиологические показатели готовых продуктов.

На заключительном этапе экспериментальных исследований изучались изменения органолептических показателей колбасных изделий (Рисунок 2).

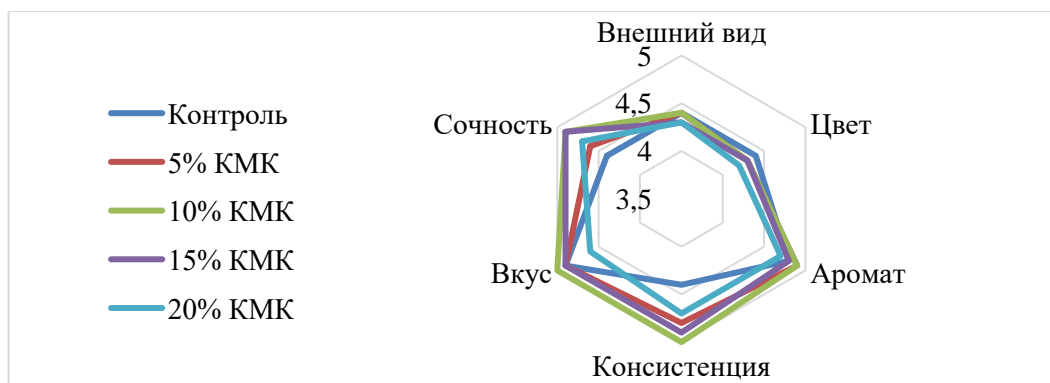


Рисунок 2 – Органолептическая оценка белых колбасок с содержанием гидратированного КМК 0, 5, 10, 15 и 20%. 5 – отлично, 1 – очень плохо

Органолептические исследования позволили определить, что оптимальной можно считать 10% замену мясного сырья на концентрат мицеллярного казеина. При таком уровне введения КМК удастся достичь улучшения основных показателей колбасок, при этом гармонично дополнив вкусоароматические характеристики изделия.

Изучение свойств КМК и его влияния на характеристики модельных фаршевых систем показало, что при замене им мясного сырья в рецептурах колбасных изделий улучшаются качественные и количественные показатели продуктов данного вида. Однако, препараты КМК

обладают и более специфическими свойствами, такими как *защита нестабильных соединений* (например, витамина А), которые можно использовать в производстве колбасных изделий. Для обогащения витамином А вареных колбасных изделий, подвергаемых при производстве длительному воздействию относительно высоких температур, при которых в отсутствие защиты значительная часть ретинола будет деградировать, необходимо было разработать *методику подготовки премикса витамина А на основе КМК*, при этом к технологическому процессу изначально выдвигались требования масштабируемости и простоты внедрения в производство. Чаще всего температура среды в термической камере при производстве вареных колбас не превышает 80 °С, а общее время термообработки составляет менее 3 часов. Таким образом, в качестве модельных определили наиболее «жесткие» условия, которым могут подвергаться молекулы витамина, находясь уже в составе мясных эмульсий (78–80 °С и вариация времени от 0 до 3 часов), при этом процессы протекали в отсутствии солнечного света.

В данной работе успешно применен быстрый и эффективный способ количественного определения жирорастворимых витаминов методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР).³ На первом этапе был осуществлен подбор оптимальных условий введения витамина в казеин. В качестве растворителей были выбраны растительное масло и этиловый спирт. Процесс «инкапсуляции» сопровождался интенсивным перемешиванием и проходил при комнатной температуре. Время перемешивания варьировалось от 1 до 3 часов, а в качестве факторов, способствующих переходу молекул витамина в мицеллы, применялись ультразвук, введение ПАВ (твин-80) и их совместное воздействие. Введение ПАВ является общепринятой практикой при обогащении молока и молочных продуктов липофильными витаминами, а идея применения ультразвука основана на очевидной необходимости диспергирования жировых глобул витаминных препаратов. Основываясь на том, что мицеллярный казеин является эмульгатором, хотя и более слабым, чем, например, казеинат натрия, было предложено выдерживать раствор витамина с гидратированным КМК при интенсивном перемешивании. Видимых результатов удалось добиться только спустя 2–3 часа перемешивания. Гомогенизация и, как следствие, инкапсуляция, которые косвенно определялись визуально с помощью светового микроскопа по появлению жировых глобул на поверхности премикса при некоторой выдержке, медленно протекают без использования вспомогательных факторов. За счет гидрофобной природы витамина масло несколько затрудняет его введение в казеин, в сравнении со спиртом в качестве растворителя, который, смешиваясь с водой, создает условия для эффективного проникновения ретинола во внутреннее пространство и поры мицелл казеина. Кратковременное

³ Choi, Y. H. Quantitative analysis of retinol and retinol palmitate in vitamin tablets using ¹H-nuclear magnetic resonance spectroscopy / Y. H. Choi, H. K. Kim, E. G. Wilson, C. Erkelens et al. // Anal. Chim. Acta. – 2004. – Vol. 512. – № 1. – P. 141–147.

ультразвуковое воздействие практически не влияет на эмульгирование, длительная же выдержка нежелательна вследствие неустойчивости витамина. В то же время, как и предполагалось, применение твин-80 значительно ускоряет процессы смешивания и инкапсулирования. В качестве системы для создания витаминного премикса на основании предварительных исследований был выбран концентрат мицеллярного казеина с добавлением твин-80 для более эффективной гомогенизации.

Для оценки влияния длительности перемешивания на степень «инкапсуляции» молекул ретинола в белковые мицеллы проведены исследования, в которых время предварительного перемешивания варьировалось в интервале от 1 до 3 часов, а затем образцы подвергались трехчасовому нагреванию в одинаковых условиях (модельные условия). В качестве стандарта в образцы вносилось заданное количество антрацена, расчет количества ретинола всегда проводился по синглету антрацена при 8,43 м.д. (отмечен оранжевым цветом) и триплету от одного из СН-звеньев ретинола (5,69 м.д.) (отмечен зеленым цветом) (Рисунок 3).

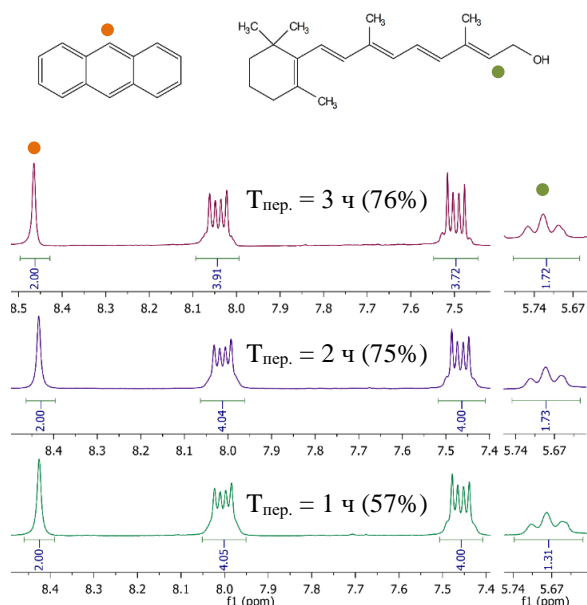


Рисунок 3 – Фрагменты ЯМР ^1H спектров смеси антрацена и ретинола при перемешивании в течение 1, 2 и 3 ч с последующим нагреванием в модельных условиях. В скобках указано остаточное содержание витамина

Наличие значимых различий между выходом ретинола в моменты замера через разное количество времени перемешивания было проверено с помощью Т-критерия Вилкоксона. Результаты сравнения позволяют сделать вывод, что наблюдается значимая ($p = 0,0007$) разница при сравнении концентрации витамина в препарате, подвергнутом термическому воздействию через 1 час и 2 часа перемешивания, уровень ретинола повышается почти на 20%. При этом различие между массой ретинола через 2 и 3 часа перемешивания незначительно и составляет менее 1%. Таким образом, оптимальное время перемешивания составляет 2 часа, так как дополнительный час не даёт статистически значимого повышения концентрации витамина.

Для оценки эффективности защиты витамина казеином, в первую очередь, необходимо установить в какой степени сам ретинол в свободной форме подвергается термической деструкции. На рисунке 4А представлены фрагменты ЯМР ^1H спектров, позволяющие

количественно оценить содержание витамина А в образцах без мицеллярной защиты, подвергавшихся трехчасовому нагреванию при 80 °С. На первом спектре представлена исходная концентрация витамина (Рисунок 4, А1). Ввиду того, что ретинол, полученный нами из аптечного препарата, подвергался очистке методом колоночной хроматографии для оптимизации времени проведения исследований было принято решение избавляться только от наиболее подвижной фракции антиоксидантов, содержащихся в препарате, что, по нашему мнению, не влияло на чистоту эксперимента. Поэтому исходное количество витамина также определялось спектроскопически. Достоверность такого метода определения жирорастворимого витамина проверялась повторной количественной оценкой одного и того же образца с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), расхождение составляло не более 5%. С помощью Т-критерия Вилкоксона подтверждено, что снижение концентрации ретинола в результате трехчасового нагревания является значимым и большая часть ретинола подвергается деструкции, а его остаточное содержание не превышает 30%.

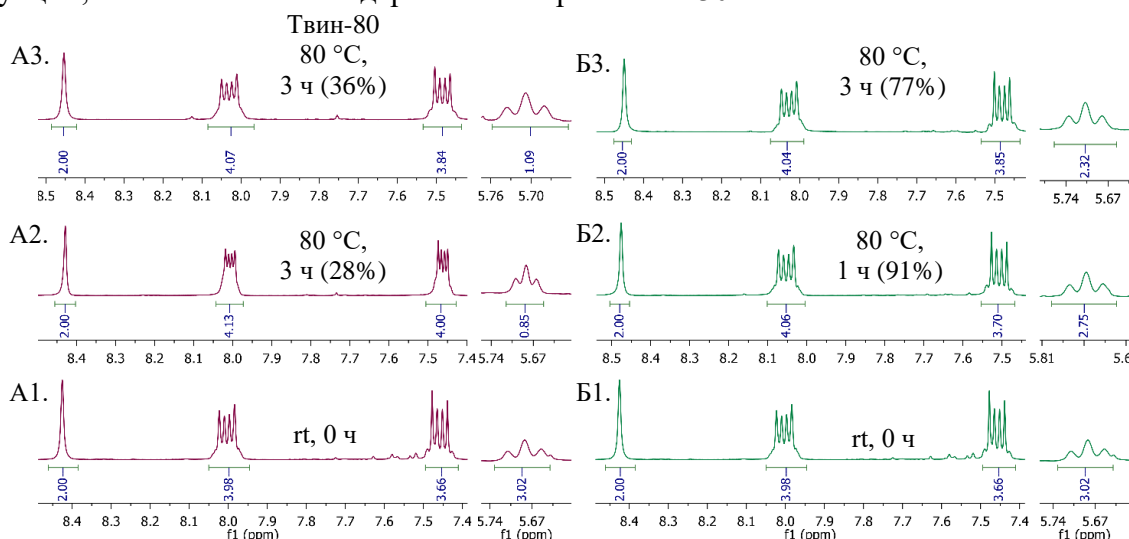


Рисунок 4 – Фрагменты ЯМР ^1H спектров смеси антрацена и ретинола из опытов без применения КМК (А) и с его применением (Б) без нагревания и при нагревании в течение 1 и 3 ч. В процентах указано остаточное содержание витамина

Ретинол в чистом виде, как и ожидалось, показывает наихудшие результаты «выживаемости», например, в отличие от эмульгированного полисорбатом образца витамина (Рисунок 4, А3). Вероятнее всего, мицеллярная оболочка, которую создают молекулы ПАВ, способна в какой-то мере защищать молекулы витамина. В результате остаточное содержание витамина через три часа нагревания с применением твин-80 составляет не более 40%.

Согласно спектрам для образцов с применением КМК, представленным на рисунке 4Б, через час нагревания деструкции подверглись в среднем 9% от общего числа молекул витамина, а по истечении трех часов в образце сохранялось 77% ретинола. Таким образом, использование

мицеллярной защиты обеспечило более чем двукратное увеличение остаточного содержания ретинола после трех часов нагревания при 80 °С.

В задачи исследования не входило определение локализации молекул ретинола и оценка того, подвергаются ли они на самом деле инкапсуляции, но в пользу этого свидетельствует достаточно эффективная защита витамина А, которую обеспечивает применение казеина, а также то, что более короткое время перемешивания (инкапсуляции) приводит к уменьшению степени защиты.

Далее была проведена оценка степени сохранности исходного препарата. Он представляет собой ретинилпальмитат, растворенный в масле и содержащий антиоксиданты, стабилизирующие витамин. В этом случае устойчивость витамина А как в чистом виде, так и при его добавлении в КМК должна была повышаться, так как сложные эфиры более стабильны, чем сам ретинол, к тому же, изначально введенные антиоксиданты (например, ионол) должны были дополнительно защищать витамин от окисления при нагревании и действии солнечного света. При проведении экспериментов согласно ранее описанной методике, было обнаружено, что после 3 часов нагревания в образце с казеином остаточное содержание витамина А достигало 91%. Снижение концентрации подтверждается статистическими расчётами на уровне значимости $p \leq 0,005$. В чистом виде без мицеллярной защиты оставалось 64% (удовлетворяет требованию $p \leq 0,005$) витамина, что примерно в 2 раза больше, чем при добавлении нативного ретинола (см. выше). При этом тенденция сохранилась, т. е. мицеллярная защита позволяла добиться статистически значимого увеличения степени сохранности витамина на 27%.

Так как ретинилпальмитат легкодоступен и одобрен к использованию, в дальнейших опытах, при введении премикса в вареные колбасные изделия, применяли именно эфир ретинола и пальмитиновой кислоты.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных установлено, что мицеллы казеина обеспечивают защиту нестабильных гидрофобных молекул, в данном случае ретинола. Разработана технология внедрения витамина А в КМК.

В заключительной части третьей главы был осуществлен *расчет рекомендуемых доз внесения витамина А* в форме ретинилпальмитата в рецептуру белых колбасок «Мюнхенские белые молочные». Уточненная физиологическая потребность в витамине А для взрослых – 900 мкг рет. экв./сут.⁴ Учитывая приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614, 120 г вареных колбасок будут содержать рекомендуемую суточную норму потребления мяса птицы. Для исключения возможной передозировки витамином А, была определена доза

⁴ МР 2.3.1.2432-08. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. – утв. Роспотребнадзором, 18.12.2008. – 21 с.

внесения, обеспечивающая порядка 15% (135 мкг рет. экв.) от суточной нормы потребления витамина на 100 г продукта, тогда при потреблении 120 г продукта общее количество витамина составит не более 18%. При таком процентном содержании витамина в продукте его можно будет считать функциональным согласно ГОСТ Р 52349-2005. На 100 кг продукции это составит 135 мг витамина, а с учетом того, что используемый нами препарат ретинилпальмитата содержит в 1 мл порядка 55 мг ретинилпальмитата, на 100 кг сырья необходимо вносить 2,5 мл препарата. Количество витамина А в сырье, применяемом для производства колбасок, можно не учитывать из-за крайне незначительного его содержания. Это подтверждается результатами оценки содержания ретинола в вареных колбасных изделиях, полученными в ходе исследований, проведенных Толкуновой Н. Н., Ловкис З. В.

В четвертой главе диссертационного исследования была разработана технология (Рисунок 5) производства вареных колбасок из мяса птицы «Мюнхенские белые», а также подготовлена нормативная документация – ТУ 10.13.14-001-0125514883-2023 и ТИ 10.13.14-001-0125514883-2023.

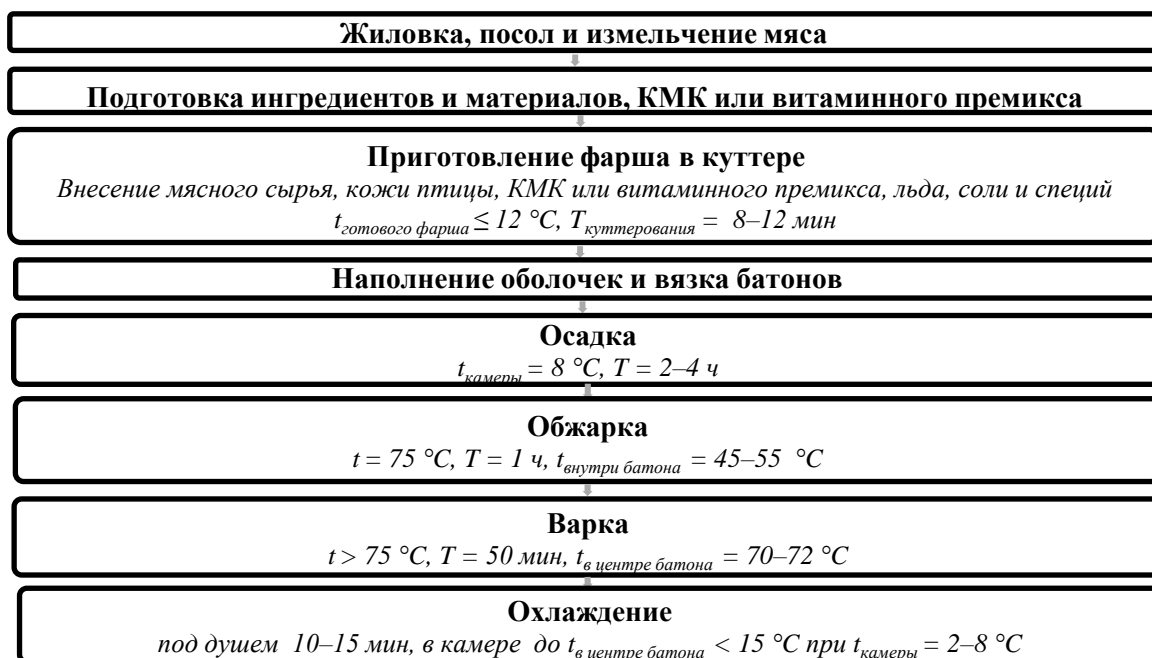


Рисунок 5 – Технологическая схема производства колбасок

Продукция, изготовленная по данной технологии, выступала в качестве контрольного образа при исследовании оптимальных доз внесения КМК в модельные фаршевые системы. По результатам данного этапа исследований разработана технология производства вареных колбасок с применением концентрата мицеллярного казеина – ТУ 10.13.14-002-0125514883-2023 и ТИ 10.13.14-002-0125514883-2023, а также предложена технология производства продукции с применением инновационного витаминного премикса на основе КМК (в качестве витамина применяется ретинилпальмитат), в котором казеин обеспечивает барьерные свойства для

нестабильных молекул витамина и подготовлены проекты ТУ и ТИ для витаминизированных колбасок (ТУ 10.13.14-003-0125514883-2023, ТИ 10.13.14-003-0125514883-2023).

Для получения витаминного премикса концентрат мицеллярного казеина, который хранится в герметично закрытой таре в сухом и прохладном месте, взвешивался в количестве согласно рецептуре и переносился в пластиковую пищевую тару. Далее взвешивалось необходимое количество питьевой воды при температуре 18–20 °С из расчета четыре части воды на одну часть белкового препарата и приливалось к концентрату казеина. Затем смесь интенсивно перемешивали в течение 10–15 минут до достижения видимой гомогенности раствора в стационарных мешалках или миксерах при скорости вращения лопастей мешалки 100–120 об./мин. Готовый гидратированный казеин хранился при температуре не выше 4–6 °С не более 12 часов, а также использовался для приготовления витаминного премикса. Для получения премикса к гидратированному белку сперва добавляли эмульгатор твин-80 (полисорбат-80) в количестве 0,15% об. Затем к гидратированному казеину постепенно прибавляли витаминный препарат. Длительность перемешивания составляла 120 мин. Далее витаминный премикс охлаждался до температуры 4 °С в течение 2 часов и вносился в куттер.

Глава пятая посвящена исследованиям качественных характеристик готового продукта с добавлением КМК (замена 10% мясного сырья на гидратированный молочный белок) и витаминного премикса на его основе, а также в данном разделе представлена экономическая оценка производства.

К основным параметрам, которые влияют на качество колбасных изделий, относятся, в первую очередь, *физико-химические показатели* (Таблица 4). Значения водородного показателя мясных эмульсий образцов, содержащих КМК или витаминный премикс на его основе, выше, чем у контрольного образца. Это обусловлено внесением КМК в рецептуру, что обеспечивает повышение уровня рН на 0,1 ед.

Таблица 4 – Качественные показатели сырых фаршей (n = 3, p ≤ 0,05)

	Контроль	Образец с КМК	Образец с витаминным премиксом
Величина рН, ед.	6,33±0,011	6,44±0,004	6,42±0,020
Содержание влаги, %	71,21±0,128	72,94±0,251	73,02±0,378
ВСС, % к общей влаге	91,67±0,843	96,02±1,314	95,87±0,771

Содержание влаги в опытных образцах незначительно повышается (чуть более 1%), что объясняется большим содержанием влаги в гидратированном концентрате мицеллярного казеина, чем в сырье, которое он заменяет. С учетом гидратации содержание влаги в белковом препарате превышает 80%, а средние значения данного показателя для мяса птицы составляют порядка 75%. Повышение рН оказывает положительное влияние на величину ВСС, которая увеличивается более чем на 4%.

Результаты исследования готовых изделий после термической обработки представлены в таблице 5. При введении КМК значения водородного показателя увеличиваются в среднем на 0,1 ед. Данные показатели подтверждают динамику, полученную для модельных фаршевых систем. Содержание влаги уменьшается после термообработки в среднем на 3%. ВУС для опытных образцов выше на 4%, чем для контрольного. Повышение ВУС опытных образцов готового продукта определяет увеличение выхода готового продукта до 114–115%.

Таблица 5 – Физико-химические и технологические показатели готовых колбасных изделий ($n = 3, p \leq 0,05$)

	Контрольный образец	Опытный образец с КМК	Опытный образец с витаминным премиксом
Величина рН, ед.	6,40±0,040	6,48±0,017	6,50±0,023
Содержание, %			
- влаги	68,56±0,151	69,63±0,082	70,01±0,146
- белка	16,68±0,173	17,04±0,068	17,11±0,133
- жира	12,76±0,245	11,23±0,092	11,40±0,124
- золы	1,78±0,073	2,09±0,043	1,95±0,018
NaCl, %	1,67±0,046	1,81±0,071	1,76±0,027
ВУС, % к общей влаге	87,32±0,164	93,53±0,103	91,86±0,211
Выход готового продукта, %	106,61±1,429	113,78±1,186	114,69±1,201

Помимо этого, использование предложенного подхода к изготовлению вареных колбасных изделий позволяет добиться повышения содержания белка в продукте, которое отражается в сохранении количества общего белка для опытных образцов на уровне контрольного, несмотря на увеличение выхода продукта и содержания влаги. Этот показатель увеличивается за счет использования в рецептуре богатого аминокислотами препарата КМК и премикса на его основе.

Исследования физико-химических свойств мясных эмульсий и готовых колбасных изделий, изготовленных по разработанной нами технологии с применением КМК (ТУ 10.13.14-002-0125514883-2023) и премикса ретинилпальмитата на основе КМК, позволили прийти к выводу об улучшении основных показателей, влияющих на функционально-технологические свойства продукта, его биологическую и пищевую ценность, а также органолептические свойства. Для подтверждения данного положения были проведены соответствующие исследования по определению реологических свойств, дана оценка биологической и пищевой ценности готового продукта.

Среди *реологических показателей* образцов измеряли предельное напряжение сдвига для фаршевых систем и степень пенетрации для готовых продуктов.

Для произведенных в рамках исследования белых колбасок изучение фаршевых систем выявило (также как и для модельных систем) отрицательный рост значений ПНС. Сравнение образцов с КМК и витаминным премиксом показало, что изменения были незначительны (Рисунок 6). Различия между образцами проверены с помощью U-критерия Манна-Уитни, результаты попарных сравнений соответствуют $U = 0$, $p = 0,012$.

Установлено, что введение концентрата мицеллярного казеина понижает прочностные характеристики готовых изделий. Глубина пенетрации для объектов, содержащих КМК, была на 0,8–1,0 мм выше, чем для контрольного образца, характеризующегося большей плотностью (Рисунок 7).

Вместе с тем, уменьшение плотности опытных образцов означает повышение таких показателей, как нежность и сочность, положительно влияющих на органолептическую оценку продукта. Различия степени пенетрации между образцами проверены с помощью U-критерия Манна-Уитни, результаты попарных сравнений соответствуют $U = 0$, $p = 0,012$.

Для отслеживания тонких изменений в структуре колбасных изделий были проведены *микроструктурные исследования* с помощью светового микроскопа Carl Zeiss AxioLab.A1 для образцов с использованием КМК и без его добавления (Рисунок 8).

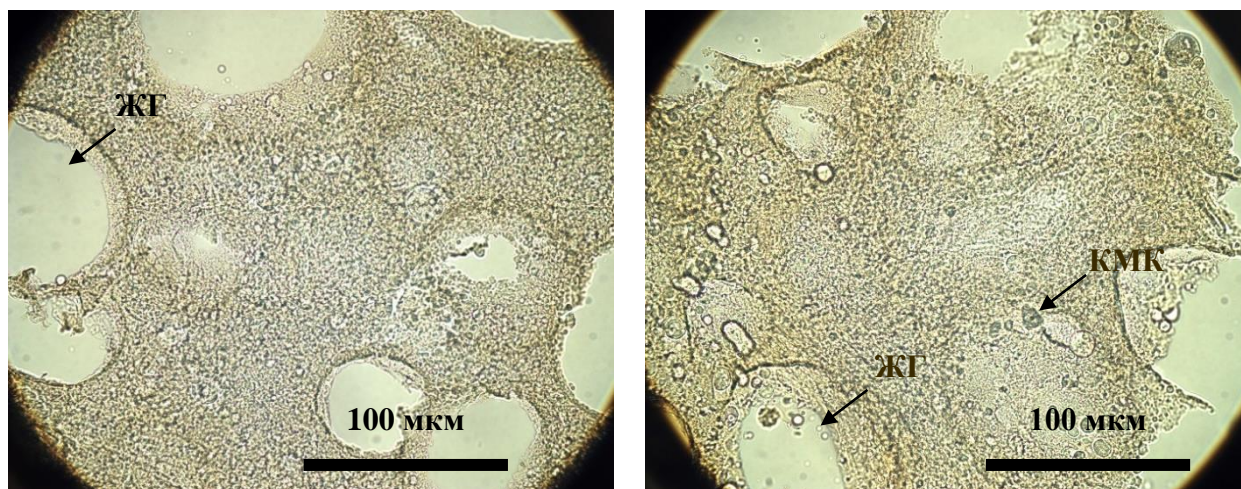


Рисунок 8 – Микроструктура образцов без добавления концентрата мицеллярного казеина (А) и содержащего 10% КМК (Б); ЖГ – жировые глобулы

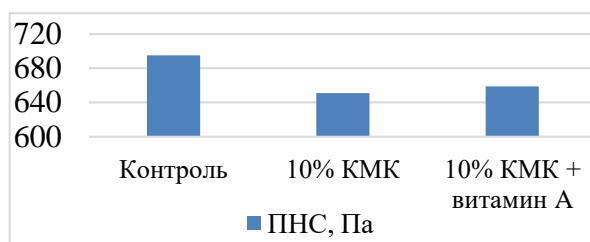


Рисунок 6 – ПНС фарша контрольного и опытных образцов



Рисунок 7 – Степень пенетрации готовых продуктов с использованием концентрата мицеллярного казеина и без его добавления

Образцы перед исследованием окрашивались с помощью гематоксилина. В этом случае молочные белки приобретают более темную окраску, нежели белки мяса.

Полученные изображения контрольного и опытного образцов выявили характерную для вареных колбасных изделий пористую структуру. На фоне практически однородной мышечной матрицы четко отслеживаются жировые глобулы. В опытном образце, в отличие от контрольного, наблюдались небольшие включения, имеющие достаточно четкие очертания, окрашенные в более темный оттенок. Предположительно, данные участки являются агрегатами мицелл казеина.

Для определения содержания ретинола в образце с витаминным премиксом был использован метод ВЭЖХ, так как при внесении витамина в продукт согласно рекомендациям, его содержание в 1 кг не будет превышать 1,5 мг. Для таких измерений метод ядерного магнитного резонанса неэффективен, к тому же в случае использования столь больших навесок образцов затрудняется пробоподготовка.

Результаты хроматографических исследований модельных образцов с применением премикса ретинилпальмитата на основе КМК, показали, что содержание витамина на 1 кг готового продукта составляет $1,27 \pm 0,076$ мг/кг ($n = 3, p \leq 0,005$). Это соответствует ожидаемому уровню содержания витамина (94% от предполагаемого значения) и подтверждает эффективность фортификации варенных колбасных изделий премиксом ретинилпальмитата на основе КМК.

Для оценки эффективности мицеллярной защиты в промышленных условиях изготовлена экспериментальная партия варенных колбасок с внесением аналогичного количества ретинилпальмитата, но уже не в составе мицеллярного премикса, а в свободной форме. Согласно хроматографическим данным концентрация витамина составила в среднем $1,06 \pm 0,033$ мг/кг, что на ~17% меньше, чем в образце с витамином в составе премикса на основе КМК ($n = 3, p \leq 0,005$).

Таким образом установлено, что барьерные свойства КМК по отношению к молекулам ретинилпальмитата – витамина А, сохраняют свою эффективность при внесении премикса в состав колбасных изделий.

Расчет пищевой ценности был произведен на основании данных, полученных в ходе физико-химических исследований готового продукта. Содержание углеводов в изделиях мало, т. к. единственным их источником является препарат КМК, а при замене 10% мясного сырья гидратированным белковым препаратом общее содержание углеводов составит менее 0,1%. Установлено, что содержание белков на 100 г продукта в опытных образцах практически не отличается от контрольного, несмотря на увеличение выхода и содержания влаги. Это объясняется стабильностью и достоверностью содержания белка в препарате КМК в отличие от мясного сырья, состав которого по естественным причинам может отличаться от средних

значений. Содержание жира, напротив, понижается на 11–12%, что обусловлено отсутствием жира в КМК и приводит в свою очередь к снижению калорийности продуктов, т.к. вклад жира в нее наибольший. При этом стоит отметить, что биологическая ценность продукта обеспечивается по большей мере не его калорийностью в целом, а качеством и количеством белков в составе. Для подтверждения данного положения провели оценку относительной биологической ценности *in vitro*.

Для оценки **относительной биологической ценности** применяли метод с использованием *Tetrachimena Pyriformis*, основанный на исследовании динамики роста биологической ценности при модификации технологии изготовления продукта. рН мясных продуктов, в том числе исследуемых образцов с КМК, позволяет проводить анализ, так как оптимальным диапазоном для роста *T. Pyriformis* считается 6,5–7,5. Однако, эксперимент необходимо проводить с учетом того, что инфузории являются аэробными микроорганизмами, при экстракции жир из мяса всплывает на поверхность, затрудняя доступ к кислороду, и микроорганизмы погибают.

Относительная биологическая ценность образцов была измерена несколькими способами. Во всех случаях количество инфузорий увеличивалось при переходе от контрольного образца, биологическая ценность которого принята за 100%, к опытным, содержащим мицеллярный казеин или витаминный премикс. Важно отметить, что прирост в биологической ценности продуктов с добавлением казеина достигал 17%. Полученные данные можно объяснить тем, что казеин богат аминокислотами, в том числе в нем содержится много незаменимых аминокислот, например лизина, изолейцина, лейцина, фенилаланина, треонина и валина, а также серина, которые необходимы для роста инфузорий. Так, концентрация серина в казеине примерно в 5 раз выше, чем в куриной грудке. Результаты проведенного эксперимента согласуются с ранее опубликованными данными, где ОБЦ вареных колбас оказывалась примерно на 20% ниже по сравнению с чистым казеином.

Оценка продукта с точки зрения привлекательности для потребителя основана на изучении **органолептических показателей** для трех образцов: образца сравнения (вареные колбаски «Мюнхенские белые») и двух опытных (вареные колбаски «Мюнхенские белые молочные» и «Мюнхенские белые молочные с витамином А»).

Показатели внешнего вида и цвета практически не отличаются для контрольного и опытных образцов (разница 0,1 балла). Члены дегустационной комиссии снизили баллы за внешний вид колбас из-за непривычного цвета и присутствия незначительного количества специй на срезе. Светлый оттенок колбасок связан с отсутствием в них пищевых красителей, а также применением куриного мяса и молочного белка. При этом по цвету и внешнему виду колбаски без и с добавлением концентрата мицеллярного казеина были идентичны. При

изучении внешнего вида отмечались однородность массы, чистота поверхности, отсутствие подтеков.

Оценка запаха всех изученных образцов также находилась в пределах 4,8–4,9 баллов. Показатели вкуса опытных образцов были выше, чем у контрольного, отмечалось наличие легкого молочного привкуса. Показатели консистенции (4,4 балла против 4,8) и сочности (4,2 против 4,8 и 4,9) значительно отличались для образца сравнения и колбасок с использованием КМК. Мясные продукты с казеином были более сочными и нежными, что связано с использованием большего количества воды в рецептуре (из-за применения гидратированного казеина).

Важно отметить, что средняя оценка для контрольного и опытных образцов находилась в пределах 4,5–4,7 при максимальном значении 5,0. Образцы с добавлением концентрата мицеллярного казеина практически не отличались между собой. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что введение витамина А в рецептуру колбасок не влияет в заметной степени на их органолептические показатели.

Для определения *сроков годности готовых продуктов* проводили органолептическую оценку и изучали микробиологические показатели изделий при хранении в течение 7 суток.

При хранении белых колбасок в течение 7 дней количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов постепенно возрастает, однако все еще входит в диапазон допустимых значений. Максимальная величина наблюдается для контрольного образца и составляет $2,1 \times 10^2$ КОЕ/г при допустимом значении $1,0 \times 10^3$. Другие исследуемые бактерии (колиформы, *S. Aureus*, *Lm*, *Salmonella*, *Clostridium*) обнаружены не были. Таким образом, по микробиологическим показателям полученные продукты могут храниться в течение 7 дней.

Органолептические испытания показали, что при трехдневном хранении колбасок их показатели остаются на прежнем уровне, общая оценка составляет 4,7 балла (Рисунок 9).

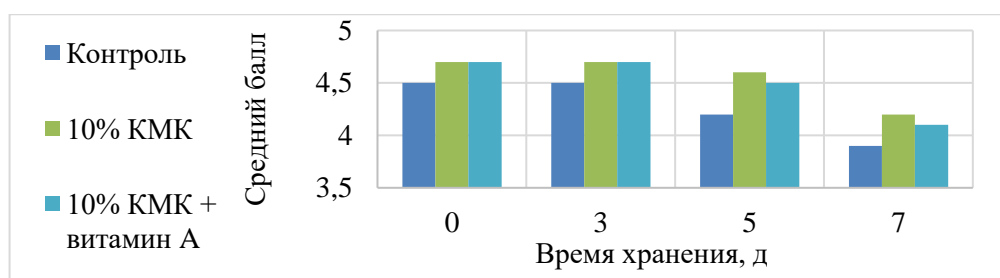


Рисунок 9 – Изменение органолептических показателей при хранении контрольного и опытных образцов

В дальнейшем органолептические показатели постепенно ухудшаются и достигают минимальных, но все еще допустимых (в среднем 4,0 балла), значений на седьмые сутки. Снижение баллов было в основном связано с внешним видом образцов, дегустаторы отмечали появление морщинистости оболочки и более жесткой консистенции.

Заключительным этапом исследований при разработке новых рецептур и технологий для внедрения в производство *являлась оценка экономической составляющей*. Реализация предлагаемой нами технологии может быть осуществлена на предприятиях с технологической линией производства вареных колбасных изделий и не требует установки дополнительного оборудования, кроме мешалки электрической. Все расчеты проводились в ценах, актуальных на второе полугодие 2023 г. Количества необходимого сырья определены согласно рецептуре, представленной в технологической инструкции.

Стоимость сырья для производства колбасок с заменой 10% мясного сырья на гидратированный КМК оказывается на 8 000 рублей дешевле (более 3%), чем производство аналогичных изделий без использования КМК. Учитывая, что выход контрольных готовых изделий колбасок «Мюнхенских белых» составляет в среднем 107%, стоимость сырья и материалов, необходимых для производства 1 тонны готовых изделий составляет 240 887,85. Аналогичные расчеты для колбасок «Мюнхенские белые молочные» при выходе в 114% показывают, что затраты составляют 219 078,95 р на 1 т готового продукта. Таким образом при производстве колбасных изделий по предложенной рецептуре экономия составляет 21 809,10 р (9%). При этом стоит учитывать, что происходит обогащение продукта за счет использования богатого незаменимыми аминокислотами мицеллярного казеина в рецептурах колбасных изделий. Проведенные расчеты показали, что стоимость сырья и материалов, необходимых для производства колбасок с витаминным премиксом, в незначительной степени отличается от затрат для колбасок «Мюнхенских белых молочных». Колбаски с витаминным премиксом на 0,1% дороже, что обусловлено малым количеством вносимого препарата и его относительно невысокой стоимостью. При этом затраты на подготовку витаминного премикса включают лишь работу электрической мешалки в течение 2 ч.

Заключение

1. В результате проведенных исследований изучены органолептические, физико-химические и функционально-технологические свойства концентрата мицеллярного казеина. Получены экспериментальные данные, позволяющие оценить водо- и жиропоглощающую способность, эмульгирующую и гелеобразующую способность концентрата.

2. Проведена экспериментальная оценка возможности применения КМК в производстве колбасных изделий на модельных фаршевых системах типа вареных колбас. Обоснована эффективность внесения КМК в гидратированной форме в соотношении 1:4. Изучены закономерности изменения свойств фаршей при внесении различных количеств КМК и определен оптимальный уровень замены мяса на концентрат мицеллярного казеина, который составляет 10%. Показано, что внесение казеинового препарата приводит к росту

влагосвязывающей способности сырого фарша (4%), а также увеличению рН (0,1 ед.), общего содержания влаги (1,5%) и выхода (7%) в готовых изделиях.

3. В ходе литературного поиска выявлены современные тенденции применения мицеллярного казеина в качестве транспорта и защиты водорастворимых витаминов. Разработана технология получения премикса витамина А (его нативной формы и эфира пальмитиновой кислоты) на основе КМК. Экспериментально подтверждены имеющиеся данные о защитных свойствах мицелл и доказано, что применение мицеллярной защиты в комбинации с ПАВ предохраняет на 50% больше молекул витамина от термодеструкции, которой они подвергаются при нагревании в модельных условиях.

4. На основании полученных экспериментальных данных разработана технология производства вареных колбасных изделий с применением концентрата мицеллярного казеина и витаминного премикса на его основе.

5. Изучены физико-химические, функционально технологические свойства готовых изделий и проведена их органолептическая оценка. Микроструктурные исследования позволили идентифицировать агрегаты мицелл казеина на срезе готового продукта. С помощью микроорганизмов *Tetrahymena pyriformis* определена относительная биологическая ценность готовых изделий, которая составила 115% в сравнении с контрольным образцом без содержания КМК. Содержание витамина в готовых изделиях составило ~1,27 мг/кг, что составляет 94% от предполагаемой концентрации, а сохранность ретинилпальмитата оказывается на 17% больше, чем в опытных образцах с витамином без применения КМК.

6. Проведена промышленная апробация предложенного технологического решения, разработаны нормативная и техническая документации на новый вид колбасных изделий с КМК, а также подготовлены проекты документации на изделия с витаминным премиксом.

7. Расчет экономической эффективности предлагаемой технологии показал, что стоимость производства продукции с применением КМК (ТУ 10.13.14-002-0125514883-2023) оказывается на 9% (21 809,10 рублей) дешевле, чем для аналогичного продукта без белкового препарата (ТУ 10.13.14-001-0125514883-2023). При этом замена КМК витаминным премиксом на его основе увеличивает стоимость производства в незначительной степени (на 0,1%).

Список работ, опубликованных по теме диссертации

*Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК
при Минобрнауки России:*

1. Shipulin, V. I. Properties of micellar casein and application in food industry / V. I. Shipulin, N. A. Dzhangiryan // Modern Science and Innovations. – 2023. – № 1. – P. 56–64. – (0,76 п.л. / 0,38 п.л.).

*Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК
при Минобрнауки России и входящих в базу данных Scopus:*

2. Dzhangiryan, N. A. Development of a premix based on micellar casein for fortification of meat systems with vitamin A / N. A. Dzhangiryan, V. I. Shipulin, D. N. Volodin // Theory Pract. Meat Process. – 2024. – Vol. 9. – № 1. – P. 65–74. – (1,21 п.л. / 0,40 п.л.).

Статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus:

3. Shipulin, V. I. Investigation of functional and technological properties of micellar casein concentrate for the formation of qualitative characteristics of sausage products / V. I. Shipulin, E. N. Stacenko, D. N. Volodin, N. A. Dzhangiryan // AIP Conf. Proc. – 2023. – Vol. 2931. – № 1. – Article number 050007. – (0,34 п.л. / 0,09 п.л.).

Статьи в журналах и сборниках материалов конференций:

4. Джангириян, Н. А. Модификация функционально-технологических свойств мясного сырья и готовой продукции за счет применения молочных белков / Н. А. Джангириян, В. И. Шипулин // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2022. – № 1. – С. 42–50. – (0,75 п.л. / 0,37 п.л.).

5. Джангириян, Н. А. Применение молочных белков в мясной промышленности: достижения и перспективы / Н. А. Джангириян, В. И. Шипулин // Материалы IX (66-й) ежегодной научно-практической конференции «Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона». – Ставрополь, 2022. – С. 72–77. – (0,33 п.л. / 0,17 п.л.).

6. Джангириян, Н. А. Инновационный способ транспорта витаминов посредством инкапсуляции в мицеллы казеина / Н. А. Джангириян, В. И. Шипулин // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные и инновационные технологии переработки агропищевоего сырья и водных биологических ресурсов». – Краснодар, 2023. – С. 167–171. – (0,34 п.л. / 0,17 п.л.).

Патенты на изобретение:

7. Патент РФ № 2801108 Способ производства белых колбасок из мяса птицы: МПК А23L 13/50, А23L 33/19, А22С 11/00 / Е. Н. Стаценко, В. И. Шипулин, Н. А. Джангириян, Д. Н. Володин; патентообладатель: ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», заявл. 09.12.2022; опубл. 01.08.2023.