

УДК 664

**МОДИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МЯСНОГО СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ
ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ**



**MODIFICATION OF THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES
OF MEAT RAW MATERIALS AND COOKED PRODUCTS
USING MILK PROTEINS**

Джангирян Нарек Артурович

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
vshipulin@ncfu.ru

Шипулин Валентин Иванович

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
vshipulin@ncfu.ru

Аннотация. В условиях роста населения как в РФ, так и за рубежом, возрастает потребность в производстве продуктов питания, в том числе, содержащих белки животного происхождения. В этой связи актуальным является производство высококачественных продуктов питания, получаемых из различных источников пищевого животного белка, содержащего все незаменимые аминокислоты. Разработка рецептур и технологий мясопродуктов, основанных на принципах комбинаторики с молочным сырьем и продуктами его переработки, представляют практический интерес для пищевых предприятий аграрного сектора экономики. В производстве колбасных изделий в качестве компонентов рецептур, заметно не меняющих вкус продукта, но значительно улучшающих его качество, используются различные концентраты молочных белков, копреципитаты, сухое цельное молоко, казеинат натрия, кислотный казеин, сычужный казеин и др. В данном обзоре рассмотрены результаты исследований по использованию продуктов переработки молока белковой природы в производстве мясных изделий и проанализированы перспективы дальнейшего развития этого направления.

Ключевые слова: молочные белки, казеин, микропартикуляты, фаршевые системы, колбасное производство, функционально-технологические свойства.

Dzhangiryan Narek Arturovich

Federal State Autonomous Educational
Institution for Higher Education
«North-Caucasus Federal University»
vshipulin@ncfu.ru

Shipulin Valentin Ivanovich

Federal State Autonomous Educational
Institution for Higher Education
«North-Caucasus Federal University»
vshipulin@ncfu.ru

Annotation. In the conditions of population growth both in the Russian Federation and abroad, the need to produce food products, including those containing animal proteins, is increasing. In this regard, the production of high-quality food products obtained from various sources of food animal protein containing all the essential amino acids is relevant. The development of recipes and technologies for meat products based on the principles of combinatorics with dairy raw materials and products of its processing are of practical interest for food enterprises in the agricultural sector of the economy. In the production of sausages, various milk protein concentrates, coprecipitates, whole milk powder, sodium caseinate, acid casein, rennet casein, etc. are used as components of recipes that do not noticeably change the taste of the product, but significantly improve its quality. This review discusses the results of research on the use of milk processing products of protein nature in the production of meat products and analyzed the prospects for further development of this direction.

Keywords: milk proteins, casein, micro-particulates, minced meat systems, sausage production, functional and technological properties.

Введение

Согласно статистике [32] в России, как и в мире, наблюдается тенденция к росту потребления мяса и мясной продукции. Так в период с 2000 г. по 2021 г. данный показатель на душу населения вырос более чем в 1,5 раза. При этом возникает необходимость увеличения общего количества производимого товара данной категории, внедрения более эффективных подходов их производства, а также улучшения их качественных показателей. Для этих целей среди прочего применяют метод функционализации пищевых продуктов путем включения в рецептуры различных добавок. Такая модификация позволяет улучшить органолептические, физико-химические и потребительские свойства продуктов, а также решить проблемы обогащения их различными нутриентами.

Одним из способов модификации является использование молочных белков в виде порошков (11–15 % белка), концентратов (35–80 %) и изолятов (> 90 %) [17]. Физико-химическим свойствам молочных белков и их строению посвящен ряд статей, обзоров и других научных трудов [3, 10, 16, 22, 23, 27, 28]. Чаще всего применяются сухое молоко, различные казеинаты (натрия, калия, аммония и кальция), кислотный и сычужный казеины, сывороточный белок, а также копреципитаты. Все вышеперечисленные протеины не только являются важными источниками аминокислот, в том числе и незаменимых, но и способны влиять на такие свойства продуктов как вязкость, влагоудерживающая способность, эмульгирующая и гелеобразующая способности, пенообразование, а также термоустойчивость. Так в работе [27] представлены свойства некоторых молочных белковых препаратов (табл. 1).

Таблица 1 – Способность белков: * – плохая; ** – хорошая; *** – очень хорошая

	Казеинаты		Сывороточные белки		Концентраты молочного белка
	Na	Ca	WPC	WPI	
Растворимость	***	*	***	***	**
Эмульгирующая способность	***	*	**	**	*
Способность к пенообразованию	***	*	**	**	*
Влагоудерживающая способность	***	*	*	*	*
Вязкость	***	*	*	*	*
Гелеобразующая способность			***	*	
Термоустойчивость	***	*	*	*	*
Устойчивость к действию кислот	*	*	***	***	*
Устойчивость к замораживанию-размораживанию	***	*	*	*	*

Использовать белки для применения в мясной промышленности в качестве влагоудерживающих, эмульгирующих и гелеобразующих агентов одним из первых в 1979 году предложил Морр [24].

В рамках настоящего обзора рассмотрены возможности модификации функционально-технологических свойств (ФТС) мясных фаршевых систем и качественных показателей готового продукта на основе применения молочных белков. Проведен анализ влияния упомянутых протеинов на физико-химические и органолептические показатели при изготовлении продуктов из мяса.

Эмульгирующая способность

Молочные белки часто используются в качестве эмульгаторов для создания и стабилизации эмульсий. Молочные белки выступают в качестве ПАВ, адсорбируясь на поверхности жира гидрофобными фрагментами, и ориентируясь гидрофильными группами к молекулам воды. Для оценки эмульгирующей способности молочных протеинов выделяют две группы методов. К первой группе относятся эмульгирующая емкость (ЭЕ) и индекс эмульгирующей активности (ИЭА). ЭЕ определяется максимальным количеством жировой фракции, эмульгированной единицей массы белка. Вторая группа включает оценку влияния белков на стабильность эмульсий (СЭ). СЭ определяется временем, в течение которого образовавшаяся эмульсия сохраняет устойчивость (неизменность состава) при стандартных условиях. При этом эмульгирующие свойства сильно зависят от pH, температуры и ионной силы раствора.

Важно учитывать тип мяса, используемого в продукте. В работе турецких ученых [21] исследовали ЭЕ и ЭС образующихся эмульсий из мяса говядины, курицы и индейки при добавлении сухого сывороточного белка (СБ) и обезжиренного сухого мо-

лока (ОСМ). Данные добавки были выбраны из-за различий в их белковом (аминокислотном) составе. Основными различиями между казеинами (они составляют порядка 80 % от общей массы белков ОСМ) и сывороточными белками является содержание в их полипептидных цепях пролина и дисульфидных связей [18]. Казеин богат пролином, при этом дисульфидных связей в нем мало, для сывороточного белка наблюдается обратная картина. Казеин способен сохранять стабильность при нагревании вплоть до температуры порядка 120 °С и в то же время обладает высоким электрическим потенциалом. Это способствует увеличению устойчивости эмульсий. Сывороточные белки легко денатурируют при температуре выше

70 °С (соответствует температуре «готовности» колбасных изделий), что негативно сказывается на их ЭС и ЭЕ, однако положительно влияет на гелеобразующую способность данных белков, которая будет рассматриваться в следующем разделе. Сама по себе способность к образованию эмульсий выше у куриного мяса, что вызвано вероятнее всего более высоким значением рН. ОСМ и СБ увеличивали способность к образованию эмульсий. При этом, в работе [21] отмечается, что максимальная концентрация СБ, способная улучшать ЭС в случае изделий из говядины и курицы, равнялась 0,25 %. Увеличение концентрации до 0,50 % приводило к снижению способности к образованию эмульсий. ОСМ, напротив, значительно улучшало показатели в случае говядины и мяса индейки при увеличении концентрации с 0,25 % до 0,50 %. Однако в случае куриного мяса способность к образованию эмульсий при добавлении белка уменьшалась. В случае СБ СЭ также достигала максимальных значений при концентрации 0,25 %, а использование ОСМ приводило к увеличению устойчивости при повышении концентрации.

Интересно, что увеличения влагосвязывающей способности мясных эмульсий можно добиться не только внесением молочных белков разного типа, но и варьированием формы и дисперсности одного и того же протеина. Например, в работе [5] описываются функционально-технологические свойства концентрата сывороточных белков (КСБ) и микропартикулированного сывороточного белка (МСБ). В частности, ЭС МСБ оказывается значительно выше, чем у КСБ, хотя отличие заключается лишь в способе получения данных продуктов переработки молока.

Сравнение 3 % казеината натрия, 3 % сухого молока, 3 % порошка сывороточного белка и их смеси на стабильность эмульсий изделий из индейки [26] также показало увеличение СЭ при добавлении молочных белков по сравнению с контрольным образцом. Лучшие результаты при этом показали казеинат натрия и сухое молоко.

Полезно будет посмотреть на сравнение свойств молочных и растительных белков, которые также нашли широкое применение в производстве мясных продуктов, однако уступают по аминокислотному составу белкам животного происхождения. В исследовании [14] сравнивали системы с одинаковой концентрацией КСБ и изолята соевого белка. Оказалось, что СБ позволял получать более стабильные эмульсии. Однако, в этом случае, повышение концентрации СБ не приводило к значительным изменениям. Лучший результат показало ОСМ с пониженным содержанием кальция. К сожалению, выбранная для него концентрация не позволяет провести сравнение с соевым белком.

Во многих статьях обсуждают влияние молочных белков на стабильность эмульсий при приготовлении продуктов с низким содержанием жира. В работе [25] изучали устойчивость эмульсий при использовании микрочастиц сывороточного белка. Для этого рассматривали такие показатели как общая потеря жидкости, потери жира и влаги. По мнению авторов данные показатели косвенно свидетельствуют об устойчивости эмульсии: чем устойчивее эмульсия – тем меньше потери ее компонентов. Добавление сывороточного белка способствовало стабилизации эмульсии. К такому же результату приводит использование копреципитата [15].

Гелеобразование

Широко известна способность белков (в том числе молочных) образовывать гели. Образование геля и его свойства зависят от структуры белка, количества взаимодействий между фрагментами молекул протеинов, концентрации, температуры, рН, ионной силы и присутствия других веществ, например лактозы [17, 27].

Чаще всего используют в качестве гелеобразователей СБ, а казеин и казеинаты редко добавляют для этих целей. КСБ и ИСБ способны образовывать гели в разных условиях. Образование геля наблюдается при нагревании выше температуры денатурации белка, для СБ – 70 °С [18]. В данном случае гелеобразование под воздействием тепла протекает в несколько стадий, которые могут быть обобщены в два основных этапа: раскрытие молекулы белка и агрегация в водном растворе [27]. Таким образом образование гелей благоприятно для мясных фаршевых систем, а применение в качестве гелеобразователя СБ уместно ввиду соответствия температуры денатурации СБ температуре готовности мясных изделий.

В работе [31] изучали влияние различных концентраций ИСБ на стабильность фаршей. Исследователи обнаружили предельную концентрацию белков, при которой продукты остаются стабильными. Отмечается, что превышение предельно допустимой концентрации белков приводит к увеличению толщины и жесткости межфазной белковой пленки вокруг жировых глобул по мере роста количества растворимых белков. В результате образованная пленка не позволяет жиру расширяться во время нагревания, это приводит к частичному разрушению трехмерного каркаса и потерям при обработке.

Величина рН

Как уже говорилось ранее, водородный показатель – важный параметр, который во многом определяет устойчивость эмульсии. В целом можно сказать, что молочные белки сами по себе обладают довольно высокими значениями рН, тем самым увеличивая рН продукта при добавлении [21].

Так исследование [20] показало, что внесение сухого молока в рецептуру увеличивает показатель рН не только эмульсии, но и готового продукта. Однако эти изменения незначительны, особенно при низких концентрациях белка. Для куриного мяса эти изменения еще меньше, что может быть обусловлено более высоким значением водородного показателя для мяса птицы ~ 6,1 ед., против ~ 5,5 ед. для говядины.

В работе [8] при изготовлении изделий из мяса курицы с низким содержанием жира использовался КСБ. Это положительно повлияло на величину рН готового продукта и динамику его изменения в процессе хранения. В другой работе [7] было показано, что добавление КСБ незначительно изменяет рН продукта из мяса буйвола, но при этом изменение показателей продукта при хранении имеет более благоприятную картину.

Водосвязывающая способность

В мясных изделиях влага удерживается за счет образования водородных связей между молекулами воды и полярными группами протеиновых полипептидных цепей. В некоторых случаях неполярные группы могут оказаться в полярной водной среде вследствие структурных особенностей белков. Кроме того, вода может удерживаться не только за счет образования химических связей, но и под действием физических сил, например, поверхностного натяжения в капиллярах или за счет особенностей третичной структуры протеинов, когда молекулы воды оказываются в «клетке» [27]. Более растворимые в воде белки проявляют влагоудерживающую способность в меньшей степени. Скорость и степень набухания – важные характеристики гидратации белка, они зависят от рН, ионной силы раствора и температуры. В изоэлектрической точке гидратация минимальна, так как в ней происходят взаимодействия белков друг с другом, а не с водой. Изоляты и концентраты сывороточного белка обычно хорошо растворимы и поэтому не связывают большие количества воды при стандартных условиях. При нагревании сывороточные белки денатурируют, глобула раскрывается и тем самым увеличивается влагосвязывающая способность, повышается и выход продукта [27, 30]. Таким образом СБ можно использовать в производстве продуктов, подвергающихся термической обработке. Мицеллы казеина связывают большие количества воды за счет захвата воды матрицей, состоящей из мицеллярного фосфата кальция и мицеллярного казеина, а также взаимодействия с гидрофильной поверхностью мицелл. Получение из казеина казеината натрия приводит к уменьшению влагосвязывающей способности [27].

Влагоудерживающая способность рассматривается также в работе [7], введение КСБ приводит к ее увеличению при повышении концентрации протеина. При хранении способность удерживать влагу постепенно уменьшается для всех образцов, оставаясь более высокой для изделий содержащих КСБ.

Органолептические показатели

Согласно ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» среди органолептических показателей выделяют внешний вид, вкус, запах (особенное внимание уделяют наличию пороков вкуса и запаха), консистенцию.

В работе [13] изучали влияние различных концентраций молочных белков (ОСМ, казеинат натрия, СБ и их смеси) на консистенцию и органолептические показатели колбас. Образцы, содержащие 1,5 % молочных белков, были наиболее близки по свойствам к образцам сравнения, а 5 % отличались сильнее всего. Образец сравнения и продукты с низким содержанием молочных белков обладали большей упругостью, выраженным запахом мяса. При этом изделия не были слишком липкими и жирными, не отмечались пороки и дефекты, такие как посторонние запах и вкус. Колбасы с 3 % и 5 % содержанием молочных белков, напротив, были более липкими, характеризовались посторонним привкусом, для них в меньшей степени чувствовался аромат мяса, отмечалась меньшая упругость консистенции. Другой важной характеристикой является сочность. Смеси казеината натрия с ОСМ, СБ с ОСМ и казеината натрия с СБ и ОСМ, содержащие 3 % молочных белков, оказались наиболее сочными, в особенности те колбасы, в которых содержание сухого обезжиренного молока в смесях достигало 33–50 %. Однако, как и говорилось ранее, образцы, содержащие 3 % белков, были более липкими, жирными и обладали менее выраженным ароматом мяса. Как можно заметить, во всех смесях содержалось обезжиренное молоко, очевидно, оно благоприятно влияет на органолептические свойства продукта, а ввиду того, что основным белком ОСМ является казеин, можно ожидать положительный эффект от внесения мицеллярного казеина в состав фарша.

При использовании больших количеств молочных белков органолептические показатели сильно меняются. Так, в исследовании [29] изучались свойства продуктов, полученных при замене 20, 40 и 60 % мясного белка при приготовлении колбас на копреципитаты, сою и казеинат натрия. Изделия, рецептура которых содержала 20 % молочного белка взамен мясного, по органолептическим свойствам были сопоставимы с образцом сравнения, но все же уже немного уступали по всем показателям. При замене 40 % и 60 % белков мяса в рецептуре изменения в органолептических показателях были значительны.

Работа [25] предполагала использование микропартикулята сывороточного белка в качестве замены жира. Это возможно благодаря особой технологии получения МСБ, которая позволяет формировать сферическую форму частиц, имитирующих капли жира, ведь они имеют соответствующий размер [5]. Цвет, жесткость, сочность, вкус и общая приемлемость изделий отличались незначительно и находились в пределах нормы. Также не наблюдалось никаких пороков вкуса. Образец с пониженным содержанием жира оказался наиболее жестким и наименее сочным. Добавление 10 % МСБ уменьшило жесткость и увеличило сочность за счет ослабления белковой матрицы. Данный факт может позволить использовать микрочастицы сывороточного белка для получения более мягкой текстуры и более сочных продуктов.

Более нежная текстура при добавлении молочных белков наблюдалась также в продуктах, полученных авторами работы [30].

Исследование [15] было направлено на получение продуктов с низким содержанием жира. Использование копреципитата ухудшало цвет изделий, однако при низких концентрациях данные изменения были незначительными.

Цветовые характеристики

В мировой практике одним из способов оценки восприятия цвета человеком является система (CIE 1976 L^*a^*b). Цвет выражают с помощью показателей L^* (светло-

та), a^* (краснота, положение цвета в диапазоне от зеленого до красного), and b^* (желтизна – от синего до желтого). Именно эту методику чаще всего используют для оценки цветовых характеристик мясных продуктов.

Молочные белки приводят к увеличению показателя L^* , однако в большинстве случаев данное изменение практически незаметно для потребителя. Так, в работе [25] отмечается практически полное отсутствие различий L^* для всех образцов, показатели a^* и b^* уменьшались в ряду контрольный образец с нормальным содержанием жира, образцы с добавлением 5 % и 10 % СБ и образец сравнения с низким содержанием жира.

В исследовании [20] также описывают увеличение показателей L^* , a^* и b^* при использовании сухого молока. При этом показатель a^* для неприготовленных образцов изменялся нелинейно. Образец с добавлением 5 % сухого молока имел меньшее значение, чем образец сравнения, однако лучший результат показал продукт с добавлением 15 % белка. При нагревании значение a^* для контрольного образца становится наименьшим. В данном случае это объясняется реакцией Майяра, происходящей между молекулами сахаров (лактозы) и аминокислотами белков (казеина) при приготовлении пищи. То же самое касается значений b^* . До термической обработки разница в значениях для образца сравнения и продуктов, содержащих молочные протеины, была незначительной. В готовых продуктах параметр b^* в образцах с 10 и 15 % сухого молока был значительно выше.

Значение L^* увеличивалось и в другом исследовании [9]. Авторы объясняют это явлением тем, что внесение молочных белков приводит к уменьшению массовой доли миоглобина, комплекс с нитрозогруппой которого формирует цвет готового продукта, вследствие чего изделие приобретает более светлый оттенок, а значение параметра a^* – краснота – уменьшается. Похожие результаты были получены и в другой работе [30].

Выход готового продукта

С экономической точки зрения для любого производства очень важно минимизировать потери, мясная индустрия не является исключением. Для увеличения выхода продукта среди прочих подходов применяется методика частичной замены мясного сырья иными белками животного происхождения, например, молочными протеинами. Гелеобразующие, эмульгирующие и влагоудерживающие агенты, к которым как было показано выше относятся белковые продукты переработки молока, снижают для мясных изделий потери, имеющие место на стадии термической обработки продукции. Обычно выход готового изделия (что в свою очередь характеризует потери при производстве) рассчитывают по массе продукта до и после термической обработки:

$$\text{Выход продукта} = \frac{(m_{\text{до t обработки}} - m_{\text{после t обработки}})}{m_{\text{до t обработки}}} \times 100 \%$$

В работе [13] при приготовлении колбас использовали ОСМ, казеинат натрия, сывороточный белок и их смеси. Для образцов, содержащих только один молочный белок, лучший показатель был у казеината натрия. Однако, в случае использования смесей выход продукта увеличивался по сравнению с использованием в рецептурах отдельного белка. Возможно, механизм действия казеиновых и сывороточных протеинов отличен, а при их комбинации в составе фаршевой системы эффект суммируется.

Ряд исследований [1, 2, 4, 6] посвящен изучению влияния на свойства колбасных изделий молочной сыворотки, в том числе деминерализованной. Результаты однозначно свидетельствуют о повышении выхода продукта при использовании упомянутых препаратов.

Особенно важно следить за потерями при приготовлении в случае получения продуктов с низким содержанием жира. В исследовании [8] КСБ использовали как одну из добавок, которая отвечала не только за пищевую ценность, но и за устойчивость колбасных изделий за счет гелеобразования при нагревании. Как и ожидалось, потери при приготовлении снижались. Использование ИСБ также уменьшает потери при приготовлении [31].

Применение сухого молока [20] при изготовлении колбас из куриного мяса также повысило выход продукта с 85 % до 90 %. Увеличение концентрации молочных белков с 5 % до 15 % в значительной степени не влияет на выход. Влияние различных молоч-

ных белков на изделия из курицы также исследовали авторы работы [12]. Было обнаружено, что все молочные белки значительно снижали потери при производстве. Подобный результат был получен и в другой работе [11]. В случае изделий из свинины протеины молока также увеличивали выход продукта [19].

При сравнении молочных белков с соевым белком и пшеничной мукой при приготовлении сосисок [9] было установлено, что лучший результат показал казеинат натрия с выходом продукта 93 %. При этом все добавки уменьшали потери при приготовлении, что скорее всего связано с увеличением рН. Его рост приводит к повышению влагосвязывающей и гелеобразующей способностей при нагревании.

Выводы

Таким образом, можно отметить, что введение молочных белков в мясные фаршевые системы оказывает положительное влияние на ФТС сырья и улучшает качественные показатели мясной продукции. В большинстве исследований стабильность эмульсий и способность к их образованию увеличивалась при добавлении как сывороточных белков, так и казеина и казеинатов. На гелеобразующую способность в основном оказывают влияние сывороточные белки и их концентраты, что обусловлено способностью этих компонентов формировать стабильные гели в интервале температур, используемых в процессе термообработки мясных изделий.

Органолептические показатели в большинстве случаев не изменяются, что является важным преимуществом для производства комбинированных мясных продуктов. Формирование цвета продукта идет более интенсивно за счет эффективного использования нитрита натрия. Потребительские свойства продукта при этом остаются на высоком уровне.

Проведенные аналитические исследования показали, что применение белковых продуктов переработки молока в рецептурах колбасных изделий повышает выход готового продукта.

Следует отметить, что в большинстве публикаций посвященных применению молочных белков в мясной промышленности практически отсутствует информация об использовании казеина в нативном, мицеллярном состоянии. В этой связи можно полагать, что исследование данного вопроса имеет большое теоретическое и практическое значение.

Литература

1. Марченко В.В., Стаценко Е.Н., Судакова Н.В. Перспективы использования молочных белковых препаратов в технологии эмульгированных мясных продуктов // Мясные технологии. – 2014. – № 2 (134). – С. 17–19.
2. Неманова О.К., Бакаева А.Р. Влияние модифицированной молочной сыворотки на качество вареной колбасы. – 2017. – С. 66–72.
3. Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи. – 2007. – С. 852.
4. Аспекты совершенствования технологии вареных колбас с использованием молочной сыворотки / В.И. Шипулин [и др.] // Мясная индустрия. – 2014. – С. 39–41.
5. Шипулин В.И., Назарова О.Н. Теоретические и практические аспекты биотехнологии мясных продуктов с использованием микропартикулированного сывороточного белка // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – № 1. – С. 55–62.
6. Шипулин В.И., Стрельченко А.Д. Использование адаптированной изомеризованной, деминерализованной молочной сыворотки в технологии вареных колбасных изделий // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2012. – № 2 (2). – С. 215–222.
7. Abdolghafour B., Saghir A. Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage // Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences. – 2014. – № 4 (1). – С. 201–210.
8. Storage stability of low-fat chicken sausages / S.C. Andrés [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 4 (72). – P. 311–319.
9. Thermo-rheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives / A.G. Atughonu [et al.] // Journal of Food Quality. – 1998. – № 3 (21). – P. 223–238.
10. Augustin M.A., Oliver C.M., Hemar Y. Casein, Caseinates, and Milk Protein Concentrates // Dairy Ingredients for Food Processing. – 2011. – P. 161–178.

11. Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk powders on the texture and microstructure of emulsified chicken meat batters // *LWT – Food Science and Technology*. – 2006. – № 6 (39). – P. 660–664.
12. Barbut S. Effects of milk powder and its components on texture, yield, and color of a lean poultry meat model system // *Poultry Science*. – 2010. – № 6 (89). – P. 1320–1324.
13. Ellekjær M.R., Næs T., Baardseth P. Milk Proteins Affect Yield and Sensory Quality of Cooked Sausages // *Journal of Food Science*. – 1996. – № 3 (61). – P. 660–666.
14. Comparative Evaluation of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate and Calcium-Reduced Nonfat Dry Milk as Binders in an Emulsion-Type Sausage / S.A. Ensor [et al.] // *Journal of Food Science*. – 1987. – № 5 (52). – P. 1155–1158.
15. Eswarapragada N.M., Reddy P.M., Prabhakar K. Quality of low-fat pork sausage containing milk-co-precipitate // *Journal of Food Science and Technology*. – 2010. – № 5 (47). – P. 571–573.
16. Milk Proteins / P.F. Fox [et al.] // *Dairy Chemistry and Biochemistry*. – 2015. – P. 145–239.
17. Whey protein / H. Gangurde [et al.] // *Scholars' Research Journal*. – 2011. – № 2 (1). – P. 69.
18. Hammam A., Martinez-Monteaquedo S., Metzger L. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2021. – № 20.
19. Hsu S.Y., Sun L.Y. Comparisons on 10 non-meat protein fat substitutes for low-fat Kung-wans // *Journal of Food Engineering*. – 2006. – № 1 (74). – P. 47–53.
20. Kang K.M., Lee S.H., Kim H.Y. Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage // *Journal of Animal Science and Technology*. – 2021. – № 2 (63). – P. 405–416.
21. Kurt S., Zorba O. The effects of different levels of non-fat dry milk and whey powder on emulsion capacity and stability of beef, turkey and chicken meats // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2005. – № 5 (40). – P. 509–516.
22. Morr C.V. Chemistry of Milk Proteins in Food Processing // *Journal of Dairy Science*. – 1975. – № 7 (58). – P. 977–984.
23. Morr C.V. Conformation and Functionality of Milk Proteins // *Functionality and Protein Structure*. – 1979. – P. 65–79.
24. Morr C.V. Utilization of milk proteins as starting materials for other foodstuffs. – 1979.
25. Chemical, technological, instrumental, microstructural, oxidative and sensory properties of emulsified sausages formulated with microparticulated whey protein to substitute animal fat / B. Ozturk-Kerimoglu [et al.] // *Meat Science*. – 2022. – № 184.
26. Serdarolu M., Deniz E.E. Chemical Composition and Quality Characteristics of Emulsion Type Turkey Rolls Formulated with Dairy Ingredients // *Journal of Food Technology*. – 2004. – № 2 (2). – P. 109–113.
27. Singh H. Milk Protein Products: Functional Properties of Milk Proteins // *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*. – 2011. – P. 887–893.
28. Flavor and stability of milk proteins / T.J. Smith [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – № 6 (99). – P. 4325–4346.
29. Evaluation of some non-meat proteins for use in sausage / M.A. Thomas [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2007. – № 2 (8). – P. 175–184.
30. Youssef M.K., Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk proteins on emulsified beef meat batters prepared with different protein levels. – 2010.
31. Youssef M.K., Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels // *Meat Science*. – 2011. – № 1 (87). – P. 54–60.
32. Потребление основных продуктов питания по Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL : <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-23.xlsx>.

References

1. Marchenko V.V., Statsenko E.N., Sudakova N.V. Prospects for the use of dairy protein preparations in the technology of emulsified meat products//*Meat technologies*. – 2014. – № 2 (134). – P. 17–19.
2. Nemanova O.K., Bakaeva A.R. Effect of modified whey on the quality of cooked sausage. – 2017. – P. 66–72.
3. Rogov I.A., Antipova L.V., Dunchenko N.I. Food chemistry. – 2007. – P. 852.
4. Aspects of improving the technology of cooked sausages using whey / V.I. Shipulin [et al.] // *Meat industry*. – 2014. – P. 39–41.
5. Shipulin V.I., Nazarova O.N. Theoretical and practical aspects of biotechnology of meat products using microparticulated serum protein // *Science. Innovation. Technologies*. – 2013. – № 1. – P. 55–62.

6. Shipulin V.I., Strelchenko A.D. Use of adapted isomerized, demineralized whey in cooked sausage technology // International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbатов. – 2012. – № 2 (2). – P. 215–222.
7. Abdolghafour B., Saghir A. Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage // Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences. – 2014. – № 4 (1). – P. 201–210.
8. Storage stability of low-fat chicken sausages / S.C. Andrés [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 4 (72). – P. 311–319.
9. Thermo-rheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives / A.G. Atugonu [et al.] // Journal of Food Quality. – 1998. – № 3 (21). – P. 223–238.
10. Augustin M.A., Oliver C.M., Hemar Y. Casein, Caseinates, and Milk Protein Concentrates // Dairy Ingredients for Food Processing. – 2011. – P. 161–178.
11. Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk powders on the texture and microstructure of emulsified chicken meat batters // LWT – Food Science and Technology. – 2006. – № 6 (39). – P. 660–664.
12. Barbut S. Effects of milk powder and its components on texture, yield, and color of a lean poultry meat model system // Poultry Science. – 2010. – № 6 (89). – P. 1320–1324.
13. Ellekjær M.R., Næs T., Baardseth P. Milk Proteins Affect Yield and Sensory Quality of Cooked Sausages // Journal of Food Science. – 1996. – № 3 (61). – P. 660–666.
14. Comparative Evaluation of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate and Calcium-Reduced Nonfat Dry Milk as Binders in an Emulsion-Type Sausage / S.A. Ensor [et al.] // Journal of Food Science. – 1987. – № 5 (52). – P. 1155–1158.
15. Eswarapragada N.M., Reddy P.M., Prabhakar K. Quality of low-fat pork sausage containing milk-co-precipitate // Journal of Food Science and Technology. – 2010. – № 5 (47). – P. 571–573.
16. Milk Proteins / P.F. Fox [et al.] // Dairy Chemistry and Biochemistry. – 2015. – P. 145–239.
17. Whey protein / H. Gangurde [et al.] // Scholars' Research Journal. – 2011. – № 2 (1). – P. 69.
18. Hammam A., Martinez-Monteaquedo S., Metzger L. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2021. – № 20.
19. Hsu S.Y., Sun L.Y. Comparisons on 10 non-meat protein fat substitutes for low-fat Kung-wans // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 1 (74). – P. 47–53.
20. Kang K.M., Lee S.H., Kim H.Y. Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage // Journal of Animal Science and Technology. – 2021. – № 2 (63). – P. 405–416.
21. Kurt S., Zorba O. The effects of different levels of non-fat dry milk and whey powder on emulsion capacity and stability of beef, turkey and chicken meats // International Journal of Food Science and Technology. – 2005. – № 5 (40). – P. 509–516.
22. Morr C.V. Chemistry of Milk Proteins in Food Processing // Journal of Dairy Science. – 1975. – № 7 (58). – P. 977–984.
23. Morr C.V. Conformation and Functionality of Milk Proteins // Functionality and Protein Structure. – 1979. – P. 65–79.
24. Morr C.V. Utilization of milk proteins as starting materials for other foodstuffs. – 1979.
25. Chemical, technological, instrumental, microstructural, oxidative and sensory properties of emulsified sausages formulated with microparticulated whey protein to substitute animal fat / B. Ozturk-Kerimoglu [et al.] // Meat Science. – 2022. – № 184.
26. Serdarolu M., Deniz E.E. Chemical Composition and Quality Characteristics of Emulsion Type Turkey Rolls Formulated with Dairy Ingredients // Journal of Food Technology. – 2004. – № 2 (2). – P. 109–113.
27. Singh H. Milk Protein Products: Functional Properties of Milk Proteins // Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition. – 2011. – P. 887–893.
28. Flavor and stability of milk proteins / T.J. Smith [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2016. – № 6 (99). – P. 4325–4346.
29. Evaluation of some non-meat proteins for use in sausage / M.A. Thomas [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. – 2007. – № 2 (8). – P. 175–184.
30. Youssef M.K., Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk proteins on emulsified beef meat batters prepared with different protein levels. – 2010.
31. Youssef M.K., Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels // Meat Science. – 2011. – № 1 (87). – P. 54–60.
32. Main food consumption in the Russian Federation [Electronic resource]. – URL : <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-23.xlsx>.