

ионизирующего излучения при оптимизированных дозах, изготовление продукции, упаковку и хранение. Особое внимание уделено влиянию облучения на микробиологические показатели, физико-химические свойства, пищевую и биологическую ценность мясных полуфабрикатов. Показано, что радиационная обработка значительно снижает количество патогенной и условно-патогенной микрофлоры, замедляет микробиологическую порчу и окислительные изменения, тем самым продлевая срок хранения сырья и готовой продукции по сравнению с традиционными технологиями. Соблюдение оптимальных доз облучения обеспечивает сохранность белкового, жирового и аминокислотного состава мяса, а также удовлетворительные органолептические характеристики. Полученные данные подтверждают целесообразность внедрения технологии производства полуфабрикатов из радиационно обработанного мясного сырья в пищевой промышленности для обеспечения безопасности, стабильного качества продукции и увеличения сроков ее хранения.

**Ключевые слова:** радиационная обработка, оптимальная доза обработки, полуфабрикат, срок хранения, микробиологическая безопасность.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Гүлнұр Несіптайқызы Нұрымхан** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдас.профессоры, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Назерке Рахифовна Муслимова\*** – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ технологиясы» кафедрасының докторанты, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

#### Сведения об авторах

**Гулнур Несиптаевна Нурымхан** – кандидат технических наук, ассоц.профессор кафедры «Пищевых технологий», Шәкәрім университет, Республика Казакстан; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Назерке Рахифовна Муслимова\*** – магистр технических наук, докторант кафедры «Пищевых технологий», Шәкәрім университет, Республика Казакстан; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

#### Information about the authors

**Gulnur Nurymkhan** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Food Technologies, Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Nazereke Muslimova\*** – Master of Technical Sciences, Doctoral Student at the Department of Food Technologies, Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

Редакцияға енуі 05.01.2026  
Өңдеуден кейін түсуі 11.01.2026  
Жариялауға қабылданды 22.01.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-40](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-40)

MPHTI: 65.59.15



**А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Г.А. Капашева\***

<sup>1</sup>Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,  
071410, Казахстан, Семей, ул. Байтурсынова 29  
\*e-mail: gena.89.89@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЯСО-КОСТНОГО СЫРЬЯ ПТИЦЫ ПОСЛЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПЕПСИНОМ

**Аннотация:** В данной работе подробно рассмотрена технология получения белково-минеральных продуктов из мясо-костного сырья птицы путём ферментативной биоконверсии с применением фермента пепсина. Представлен комплекс исследований, включающий анализ химического состава, а также изучение физико-химических и функционально-технологических

©А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Г.А. Капашева, 2026

характеристик полученных продуктов в форме фаршеобразных масс и сублимированных порошков. Установлено, что ферментативная обработка обеспечивает эффективное расщепление белково-коллагеновых комплексов, способствуя образованию короткоцепочечных пептидов с высокой биологической ценностью. Применение сублимационной сушки позволило сохранить и концентрировать питательные вещества, а также повысить стабильность и срок хранения конечных продуктов.

Значения кислотности (рН от 6,2 до 6,9) и активности воды (от 0,25 до 0,99) подтверждают микробиологическую безопасность образцов. Максимальное содержание белка в порошках составило до 55,4%, минеральных веществ – до 29,7%, что указывает на их высокую пищевую ценность. Порошкообразные ингредиенты продемонстрировали отличные технологические параметры, в том числе высокую влагоудерживающую способность (182,5%) и жирудерживающую способность (135%), что делает их перспективными для использования в мясных продуктах в качестве функциональных компонентов.

Полученные результаты подтверждают эффективность применения ферментативной биоконверсии с использованием пепсина и демонстрируют научную и практическую значимость данной технологии при создании белково-минеральных пищевых добавок нового поколения.

**Ключевые слова:** мясо птицы, мясо-костное сырьё, пепсин, биоконверсия, белково-минеральный продукт, функциональные свойства.

## Введение

Рациональное использование отходов и побочных продуктов мясной промышленности, в частности животноводческого и птицеводческого сырья, представляет собой актуальную задачу в контексте устойчивого развития, пищевой безопасности и экономики замкнутого цикла. Среди наиболее перспективных направлений переработки вторичных ресурсов экстракционные и биоконверсионные технологии, позволяющие получать белково-минеральные концентраты и функциональные добавки [1].

Экстракционные методы применяются для выделения водорастворимых белков, минеральных соединений (в первую очередь кальция и фосфора), а также низкомолекулярных метаболитов. Используются водная экстракция при различных температурах, гидромодулях и значениях рН, а также щелочные или ферментативно-подготовленные режимы [2]. Водная экстракция при 45–55 °С способствует мягкому переходу растворимых белков и минеральных веществ в жидкую фазу, сохраняя биологическую активность компонентов [3]. Щелочная экстракция (с использованием растворов NaOH, KOH) позволяет эффективно разрушать клеточные стенки, облегчая выделение белков и костных солей, но требует тщательной нейтрализации и контроля остаточной щёлочи в продукте. Согласно приведённому в пособии материалу, оптимизация условий экстракции (гидромодуль, температура, рН) позволяет существенно повысить выход белковых и минеральных веществ при сохранении безопасности и питательной ценности полуфабриката [2].

Ферментативная биоконверсия является более щадящим и эффективным способом гидролиза белков и коллагенсодержащих тканей с использованием протеолитических ферментов, таких как протосубтилин, алкализин, коллагеназа и др. Ферментативное расщепление позволяет получать легкоусвояемые пептиды, свободные аминокислоты и биоактивные соединения [4]. Активность ферментов зависит от условий среды: рН, температуры и продолжительности воздействия. Например, для коллагеназы оптимальны условия при 45-50 °С и рН 7,0-7,2, при которых достигается эффективный гидролиз соединительной ткани с последующим повышением растворимости и функциональных свойств продукта. Согласно пособию, такие условия обеспечивают образование текстурированной пастообразной массы, пригодной для включения в фаршевые системы или последующей сушки [5].

Микробная биоконверсия, как отдельное или комбинированное направление, реализуется за счёт действия молочнокислых бактерий (например, *Lactobacillus plantarum*, *Micrococcus caseolyticus*), которые способны снижать рН, улучшать микробиологическую стабильность продукта и обогащать его метаболитами [6]. Добавление 10% молочной сыворотки и соли способствует активации роста микрофлоры и повышению безопасности субстратов. Однако микробная ферментация требует строгого контроля рН, температуры (25-30 °С) и продолжительности (до 24 часов), а также оценки санитарных показателей [7].

Таким образом, экстракционные и биоконверсионные методы, особенно в сочетании, позволяют глубоко перерабатывать мясо-костные остатки птицы и КРС, обеспечивая высокий выход функциональных белково-минеральных продуктов с улучшенными технологическими характеристиками. Эти подходы создают основу для разработки эффективных технологий утилизации побочных продуктов и их включения в структуру пищевых и кормовых систем.

Целью данной работы является разработка и научное обоснование технологии получения белково-минеральных продуктов из мясо-костного сырья птицы методом ферментативного гидролиза с использованием пепсина.

#### **Объекты и методы исследования**

В качестве объектов исследования использовали мясное сырьё птицы: куриные крылья, шейки. Сырьё промывали проточной водой и измельчали на мясорубке (диаметр отверстий 3 мм), затем на коллоидной мельнице до размера частиц ~0,1 мм.

Для приготовления суспензии костной массы и шейного сырья использовали различный гидромодуль в зависимости от вида сырья. Полученную массу подкисляли раствором соляной кислоты до кислой реакции среды и термостатировали при заданной температуре.

Дозировку пепсина рассчитывали с учётом содержания белка в исследуемом сырье. Для проведения основных и вариационных серий экспериментов использовали несколько уровней ферментативной активности. Фермент предварительно растворяли в подкисленной воде и вносили в суспензию при постоянном перемешивании.

Ферментативный гидролиз проводили при pH 2,0-2,2, температуре  $40 \pm 2$  °C в течение 2,5-3,0 ч для костей и 2,0-2,5 ч для шеек. Перемешивание осуществляли каждые 15 мин, контроль pH – каждые 30 мин.

Реакцию останавливали нейтрализацией до pH 7,0-7,2 (1 М NaOH) и нагреванием до 85-90 °C в течение 5-10 мин. Полученную массу центрифугировали при 3000-5000 об/мин 15-20 мин для удаления избыточной жидкости и получения фаршеобразной пасты.

Часть образцов подвергали сублимационной сушке до остаточной влажности 5-8% с последующим измельчением в порошок. Полученные белково-минеральные добавки использовали для последующих испытаний в составе фаршевых систем.

*Определение общего химического состава* проводили методом одной навески исследуемой пробы. Метод заключается в последовательном определении в одной навеске продукта содержания влаги, жира, белка и золы с использованием устройства для определения влажности и жирности мясных и молочных продуктов ускоренным методом [8].

#### *Определение активности воды*

Определение активности воды (aw) – с использованием прибора LabTouch-aw (Италия) [9].

*Определение pH.* Активную кислотность среды (pH) определяли потенциометрическим методом на приборе pH-метр-Seven2Go™, погружением электрода в раствор с фиксацией значения pH на шкале прибора. Раствор (водную вытяжку) готовили из измельченного продукта с водой (в соотношении 1:10). pH измеряли после настаивания в течение 30 минут при температуре 20°C [10].

#### *Определение функционально-технологических свойств*

Функционально-технологические свойства белково-минеральной массы из куриного сырья влагоудерживающая способность (ВУС), жирудерживающая способность (ЖУС), эмульгирующая способность (ЭС) и стабильность эмульсии (СЭ) определялись по методике, предложенной Тимошенко и соавторами [11].

Функционально-технологические свойства сублимированного порошка белково-минеральной массы из куриного сырья – влагоудерживающая способность (ВУС), жирудерживающая способность (ЖУС), эмульгирующая способность (ЭС) и стабильность эмульсии (СЭ) – определялись по методике, описанной в работе Амина Альвана и соавторов [12].

#### *Определение предельного напряжения сдвига (ПНС)*

Исследовательские работы проводились на приборе «Структурометр СТ-2». Данное устройство представляет собой автоматическое электромеханическое устройство с микропроцессорным управлением, осуществляющее измерение механической нагрузки, создаваемой с помощью индентора, закрепленного в тензодатчике при его внедрении в пробу продукта и математический анализ полученных результатов с целью определения его

реологических и прочностных характеристик. Методика исследований основана на определении усилия нагружения на конический индентор (угол при вершине  $\alpha=60^\circ$ ) при его внедрении в подготовленную пробу мясной пасты на глубину 10 мм при скорости движения (внедрения) 0,5 мм/с [13].

Расчёт ПНС осуществлялся по формуле.

$$\theta_0 = K \frac{m}{h^2}, \text{ Па}, \quad (1)$$

где:  $K$  – константа конуса,  
 $m$  – масса конуса и всех подвижных частей, кг,  
 $h$  – глубина погружения конуса, м.

Учитывая, что прибор «Структурометр СТ-2» вместо массы конуса и всех подвижных частей выдает значение нагружения в граммах, а глубину погружения конуса в миллиметрах, то соответственно для удобства расчетов формула (1) преобразована в следующую зависимость:

$$\theta_0 = K \cdot \frac{P \cdot 9,81 \cdot 10^3}{h^2}, \text{ Па}, \quad (2)$$

где:  $P$  – усилие, создаваемое прибором, г.

Для каждого исследуемого образца следует выполнить 3-5 измерений.

Среднеарифметическое значение ПНС для каждой серии образцов вычислялось по формуле (3):

$$\theta_0 = \frac{\sum \theta_i}{i}, \text{ Па}, \quad (3)$$

где  $i$  – количество измерений.

#### *Определение динамической вязкости и напряжения сдвига*

Динамическую вязкость и напряжение сдвига мясокостной пасты определяли с использованием вискозиметра BOYN Digital Viscometer (КНР) согласно инструкции прибора [14].

#### *Определение цветовых характеристик*

Цветовые характеристики определяли с использованием хромаметра Chroma Meter CR-400 (Кonica Minolta, Япония).

#### *Статистический анализ*

Обработку результатов измерений осуществляли с помощью программы Microsoft Excel 2016. Результаты анализов были статистически значимы при  $p \leq 0,05$ . Данные представлены как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение.

### **Результаты и их обсуждение**

#### *Исследование химического состава белково-минеральной массы*

В результате ферментативной биоконверсии мясо-костного сырья птицы с использованием пепсина были получены четыре вида белково-минеральных продуктов: две фаршеобразные массы (из куриных шеек и костей) и два сублимированных порошка на их основе.

Химический анализ показал, что белково-минеральная масса из куриных шеек содержала 59,37% влаги, 17,68% белка, 8,12% жира и 14,83% золы, тогда как масса из куриных костей характеризовалась более высоким содержанием белка 32,61%, при 40,95% влаги, 7,79% жира и 18,65% золы. Использование костного сырья обеспечивает более концентрированный белково-минеральный продукт за счёт меньшей влажности и более высокой зольности, отражающей степень высвобождения минеральных компонентов при гидролизе (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав белково-минеральных продуктов из мясокостного сырья, %

Наименование	Влага	Белок	Жир	Зола
Белково-минеральная масса из куриных шеек	59.37±1.03	17.68±0.26	8.12±0.08	14.83±0.16
Белково-минеральная масса из куриных костей	40.95±0.84	32.61±0.40	7.79±0.07	18.65±0.18
Сублимированный порошок белково-минеральной массы из куриных шеек	2.46±0.05	55.43±0.47	19.49±0.29	22.62±0.29
Сублимированный порошок белково-минеральной массы из куриных костей	6.04±0.12	52.68±0.79	11.60±0.12	29.68±0.31

После сублимационной сушки наблюдалось закономерное снижение влажности до 2,46% и 6,04% для шеек и костей соответственно, что сопровождалось увеличением относительного содержания сухих веществ. В сублимированных порошках содержание белка достигало 55,43% для образца из шеек и 52,68% для образца из костей, что подтверждает эффективность ферментативного расщепления и концентрации белковых компонентов. Уровень золы составлял 22,62% и 29,68% соответственно, указывая на сохранение минеральной фракции, в том числе кальция и фосфора, типичных для мясо-костного сырья.

Сравнительный анализ показывает, что пепсиновая биоконверсия способствует получению сбалансированных по белково-жировому и минеральному составу продуктов с выраженными функциональными свойствами. Сублимационная сушка обеспечивает стабильность и концентрацию питательных веществ без потери термолабильных компонентов. Полученные данные подтверждают перспективность ферментативной биоконверсии и сублимационной сушки для создания белково-минеральных пищевых добавок из вторичного сырья птицы.

#### *Исследование pH и активности воды образцов*

Проведено определение кислотно-щелочного баланса и активности воды в полученных белково-минеральных продуктах после ферментативной биоконверсии мясо-костного сырья птицы с использованием пепсина. Показано, что белково-минеральная масса из куриных шеек имела pH 6,52 и активность воды 0,994, тогда как масса из куриных костей характеризовалась несколько более щелочной реакцией pH 6,93 и пониженной активностью воды 0,9701. Эти значения свидетельствуют о близости полученных масс к нейтральной среде, что благоприятно для их стабильности и применения в мясных системах без риска избыточного подкисления продукта. Данные приведены на рисунке 1.

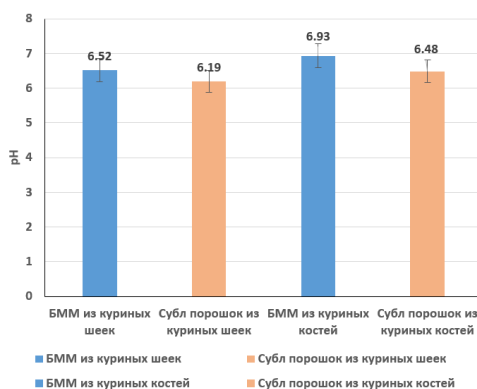


Рисунок 1 – Показатели pH белково-минеральных продуктов

После сублимационной сушки наблюдалось закономерное снижение активности воды вследствие удаления влаги и перехода продукта в стабильное сухое состояние. Активность воды в порошке из куриных шеек составила 0,2545, а из костей – 0,4906, что соответствует диапазону микробиологической стабильности ( $a_w < 0,6$ ). Одновременно отмечено незначительное смещение pH в сторону кислой области – до 6,19 и 6,48 соответственно, что объясняется концентрацией низкомолекулярных пептидов и органических кислот, образующихся в процессе ферментативного гидролиза (рис. 2).

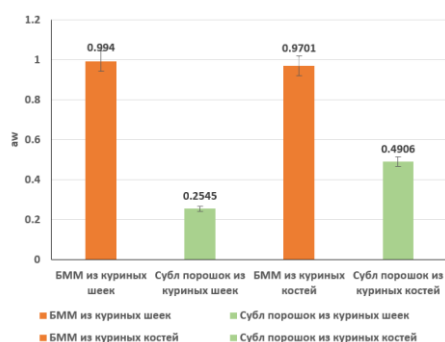


Рисунок 2 – Показатели активности воды белково-минеральных продуктов

Полученные результаты демонстрируют, что пепсиновая биоконверсия в сочетании с сублимационной сушкой позволяет формировать белково-минеральные продукты с оптимальным рН и низкой активностью воды, обеспечивая микробиологическую устойчивость и стабильность при хранении. Снижение активности воды и сдвиг рН в слабокислую зону являются положительными факторами, повышающими срок годности и функциональную пригодность добавок для использования в составе мясных и комбинированных продуктов.

Исследование функционально-технологических свойств белково-минеральных продуктов

Для оценки технологического потенциала полученных белково-минеральных продуктов определяли их влагосвязывающую способность (ВСС), влагоудерживающую способность (ВУС), жироудерживающую способность (ЖУС), эмульгирующую способность (ЭС) и стабильность эмульсии (СЭ).

Белково-минеральная масса из куриных шеек (образец 1) характеризовалась ВСС 69,7%, ВУС 61,28%, ЖУС 41,1%, ЭС 51% и СЭ 30%. Масса из куриных костей (образец 2) имела более низкие значения ВСС (45,9%) и ВУС (40,95%), но близкие показатели ЖУС (41,1%), ЭС (48%) и несколько меньшую стабильность эмульсии (18%). Эти различия связаны с разным соотношением коллагеновой и мышечной фракций в сырье: шейная масса содержит больше миофибриллярных белков, способных к удержанию влаги и эмульгированию жира, тогда как костная масса характеризуется повышенным содержанием минерализованного коллагена и более низкой гидрофильностью (рис. 3).

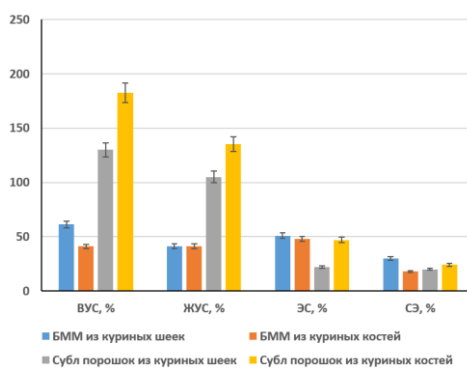


Рисунок 3 – Функционально-технологические свойства белково-минеральных продуктов

После сублимационной сушки наблюдалось резкое увеличение ВУС и ЖУС, особенно у порошков из костного сырья (образец 4), где ВУС достигла 182,5%, а ЖУС – 135%. Аналогичные показатели для порошка из шеек (образец 3) составили 130% и 105% соответственно. Увеличение этих параметров объясняется пористой структурой лиофилизата, способствующей интенсивному набуханию и удержанию воды и жира при восстановлении.

В то же время эмульгирующая способность порошков снизилась до 22% (шеи) и 47% (кости), что связано с частичной денатурацией и агрегацией белков при сушке. Стабильность эмульсии также уменьшилась и составила 20-24%, отражая ограниченную способность сухих белков формировать прочные эмульсионные системы без предварительной гидратации.

Таким образом, ферментативно-гидролизированные фаршеобразные массы обладают лучшими эмульгирующими характеристиками, тогда как сублимированные порошки отличаются высокой влаго- и жироудерживающей способностью. Это свидетельствует о возможности их дифференцированного применения: гидролизаты – в рецептурах эмульсионных мясных продуктов (паштеты, колбасы), а порошки как влагорегулирующие и структурообразующие добавки при производстве функциональных мясных и комбинированных изделий.

*Исследование реологических свойств белково-минеральных масс фаршеобразной консистенции*

Реологические характеристики белково-минеральных масс являются ключевыми показателями, определяющими их технологическую пластичность, формуемость и способность удерживать воду и жир в процессе тепловой обработки. Для оценки структурно-

механических свойств исследовали вязкость, напряжение сдвига и предельное напряжение сдвига (ПНС) образцов, полученных из куриных шеек и костей после ферментативной биоконверсии с использованием пепсина.

Белково-минеральная масса из куриных шеек (образец 1) характеризовалась вязкостью 7,89 Па·с, напряжением сдвига 5647,9 мПа и ПНС 0,620 кПа. Аналогичные параметры для массы из куриных костей (образец 2) составили 7,77 Па·с, 5556,9 мПа и 0,612 кПа соответственно (табл. 2).

Таблица 2 – Реологические характеристики белково-минеральных масс (БММ) из куриного сырья

Наименование	Вязкость (Па·с)	Напряжение сдвига, мПа	ПНС, кПа
БММ из куриных шеек	7,899±0,117	5647,9±77,5	0,620±0,01
БММ из куриных костей	7,772±0,118	5556,9±74,1	0,612±0,01

Полученные результаты свидетельствуют о близких реологических характеристиках обоих образцов, что указывает на формирование однородной дисперсной структуры после гидролиза. Незначительно более высокая вязкость и ПНС в образце из куриных шеек, вероятно, связаны с большим содержанием миофибриллярных белков и меньшей степенью минерализации, что способствует образованию более эластичной белковой сетки. Масса из костного сырья, напротив, содержит больше коллагеновой и минеральной фракций, которые придают системе более пластичный, но менее упругий характер.

Сравнительно высокие значения вязкости (7,7-7,9 Па·с) и напряжения сдвига подтверждают устойчивость и структурную стабильность масс, что делает их пригодными для применения в рецептурах мясных фаршевых продуктов, паштетов и эмульсионных систем. Таким образом, ферментативная биоконверсия обеспечивает формирование пластичной и технологически адаптированной белково-минеральной матрицы, обладающей удовлетворительными структурно-механическими свойствами.

*Исследование цветовых характеристик белково-минеральных масс фаршеобразной консистенции*

Цветовые параметры белково-минеральных продуктов являются важным индикатором степени денатурации белков, наличия пигментов и степени окисления компонентов, а также влияют на восприятие готовых изделий при их использовании в мясных системах. Для оценки цветности исследуемых образцов использовали колориметрическую систему CIE Lab\*, где L\* характеризует светлоту, a\* – интенсивность красного/зеленого тона, а b\* – желтого/синего.

Белково-минеральная масса из куриных шеек (образец 1) имела следующие показатели: L = 52,41\*, a = 18,67\*, b = 11,01\*, что указывает на умеренно светлый, розовато-бежевый оттенок. Для массы из куриных костей (образец 2) значения составляли L = 48,11\*, a = 26,11\*, b = 11,66\*, что отражает более темный и насыщенный красновато-коричневый оттенок (табл. 3).

Таблица 3 – Цветовые характеристики белково-минеральных продуктов

Образец	Цвет (L*)	Цвет (a*)	Цвет (b*)
БММ из куриных шеек	52,41	18,67	11,01
БММ из куриных костей	48,11	26,11	11,66

Снижение светлоты (L\*), сопровождающееся увеличением показателя a\* в образце из костного сырья, связано с более высокой степенью термического воздействия на миоглобин и продуктами реакции Майяра, а также с присутствием гемовых пигментов, высвобождающихся из костного и кровеносного остатка. Кроме того, минеральные соединения (в частности, железо и фосфаты), присутствующие в костной массе, могли способствовать усилению красно-коричневого тона.

Таким образом, образцы, полученные из куриных шеек белково-минеральные продукты, обладают более светлой и однородной окраской, что делает их предпочтительными для включения в рецептуры паштетов и эмульсионных мясных изделий, где требуется нейтральный или светлый цвет. Образцы из костного сырья, напротив, характеризуются более интенсивной окраской, что может быть технологически полезным при разработке мясных паст и начинок с выраженным цветом, имитирующим темные виды мяса.

## Выводы

В результате ферментативной биоконверсии мясо-костного сырья птицы с использованием пепсина получены белково-минеральные продукты в виде фаршеобразных масс и сублимированных порошков с высокой пищевой и технологической ценностью. Химический анализ показал оптимальное соотношение белка (17,7-32,6%) и минеральных веществ (14,8-18,7%) в гидролизатах, при низкой влажности и высоком содержании белка в лиофилизированных образцах (до 55%). Значения pH (6,2-6,9) и активности воды (0,25-0,99) указывают на стабильность продуктов и возможность их длительного хранения. Исследование функционально-технологических свойств выявило высокие влаго- и жирудерживающие способности, особенно в порошках (до 182,5% и 135% соответственно). Реологические параметры (вязкость 7,8 Па·с, ПНС ~0,62 кПа) свидетельствуют о хорошей пластичности и формуемости масс. Цветовые характеристики варьировали от светлорозового до темно-коричневого. Полученные продукты перспективны для применения в мясных системах как функциональные белково-минеральные добавки.

## Список литературы

1. Биотехнологическая переработка отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности / М.М. Шамцян и др. // Российский химический журнал. Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. – 2011. – Вып. 1. – С. 17-25.
2. Инновационные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья / Ю.С. Сидорова и др. // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 6 (550). – С. 28-37.
3. Османов В.К. Методы выделения и очистки продуктов биотехнологических производств / В.К. Османов, О.В. Бирюкова, А.В. Борисова // Нижний Новгород: НГМА. – 2005. – С. 29.
4. Машанов А.И. Биоконверсия растительного сырья: учеб. пособие / А.И. Машанов, Н.А. Величко, Е.Е. Ташлыкова. – Красноярск: Красноярский гос. аграр. ун-т, 2014. – 223 с.
5. Приворотская Елизавета Александровна. Получение стабилизированных форм гидролитических ферментов технического и фармацевтического назначения: дис. канд. хим. наук: 03.01.06 / Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева, Москва, 2017. – 171 с.
6. Насибов Э.М. Разработка биотехнологических процессов получения коллагенолитических протеаз с использованием микромицетов: автореф. дис. канд. биол. наук. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2024. – 18 с.
7. Лысенко Ю.А. Разработка бактериального концентрата на основе клеток *Lactobacillus acidophilus* / Ю.А. Лысенко, С.А. Волкова, В.В. Петрова // Молодой ученый. – 2015. – № 1(81). – С. 80-82. <https://moluch.ru/archive/81/14749>.
8. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – 376 с.
9. ГОСТ ISO 21807-2015. Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды. – Введ. 2017-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 3 с.
10. СТ РК ИСО 2917-2009. Мясо и мясные продукты. Определение pH. Контрольный метод. – Введ. 2010-07-01. – Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2010. – 16 с.
11. Методический указания к лабораторно-практической работе «Функционально-технологические свойства мяса» / Н.В. Тимошенко и др. – Краснодар. КубГАУ, 2015 – 26 с.
12. Альван А. Функциональные свойства белковых продуктов из семян кунжута / А. Альван, А.Д. Минакова, В.Г. Щербаков // Известия вузов. Пищевая технология. – 1999. – № 2-3. – С. 17-18.
13. ГОСТ Р 50814-95. Мясопродукты. Методы определения пенетрации конусом и игольчатым индентором. – Введ. 2015-07-31. – М.: Стандартинформ, 2010. – 6 с.
14. Ротационные вискозиметры Брукфильда в исследовании пищевых продуктов / А.К. Какимов и др. // Вестник ГУ имени Шакарима. – 2015. – № 3(71). – С.87-91.
15. ГОСТ 33479-2015. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение цвета колориметрическим методом. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

## References

1. Biotekhnologicheskaya pererabotka otkhodov sel'skogo khozyaistva i pishchevoi promyshlennosti / M.M. Shamtsyan i dr. // Rossiiskii khimicheskii zhurnal. Zhurnal Rossiiskogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva. – 2011. – Vyp. 1. – S. 17-25. (In Russian).

2. Innovatsionnye metody ehkstraksii biologicheskii aktivnykh veshchestv iz rastitel'nogo syr'ya / YU.S. Sidorova i dr. // Voprosy pitaniya. – 2023. – T. 92, № 6 (550). – S. 28-37. (In Russian).
3. Osmanov V.K. Metody vydeleniya i ochistki produktov biotekhnologicheskikh proizvodstv / V.K. Osmanov, O.V. Biryukova, A.V. Borisova // Nizhnii Novgorod: NGMA. – 2005. – S. 29. (In Russian).
4. Mashanov A.I. Biokonversiya rastitel'nogo syr'ya: ucheb. posobie / A.I. Mashanov, N.A. Velichko, E.E. Tashlykova. – Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gos. agrar. un-t, 2014. – 223 s. (In Russian).
5. Privorotskaya Elizaveta Aleksandrovna. Poluchenie stabilizirovannykh form gidroliticheskikh fermentov tekhnicheskogo i farmatsevticheskogo naznacheniya: dis. kand. khim. nauk: 03.01.06 / Ros. khim.-tekhno. un-t im. D.I. Mendeleeva, Moskva, 2017. – 171 s. (In Russian).
6. Nasibov E.H.M. Razrabotka biotekhnologicheskikh protsessov polucheniya kollagenoliticheskikh proteaz s ispol'zovaniem mikromitsetov: avtoref. dis. kand. biol. nauk. – Moskva: Rossiiskii khimiko-tekhnologicheskii universitet im. D.I. Mendeleeva, 2024. – 18 s. (In Russian).
7. Lysenko YU.A. Razrabotka bakterial'nogo kontsentrata na osnove kletok Lactobacillus acidophilus / YU.A. Lysenko, S.A. Volkova, V.V. Petrova // Molodoi uchenyi. – 2015. – № 1(81). – S. 80-82. <https://moluch.ru/archive/81/14749>. (In Russian).
8. Antipova L.V. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I.A. Rogov. – M.: Kolos, 2001. – 376 s. (In Russian).
9. GOST ISO 21807-2015. Mikrobiologiya pishchevoi produktsii i kormov. Opredelenie aktivnosti vody. – Vved. 2017-07-01. – M.: Standartinform, 2016. – 3 s. (In Russian).
10. ST RK ISO 2917-2009. Myaso i myasnye produkty. Opredelenie RN. Kontrol'nyi metod. – Vved. 2010-07-01. – Astana: Gosstandart Respubliki Kazakhstan, 2010. – 16 s. (In Russian).
11. Metodicheskii ukazaniya k laboratorno-prakticheskoi rabote «Funksional'no-tekhnologicheskie svoistva myasa» / N.V. Timoshenko i dr. – Krasnodar. KuBGAU, 2015 – 26 s. (In Russian).
12. Al'van A. Funksional'nye svoistva belkovykh produktov iz semyan kunzhuta / A. Al'van, A.D. Minakova, V.G. Shcherbakov // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 1999. – № 2-3. – S. 17-18. (In Russian).
13. GOST R 50814-95. Myasoprodukty. Metody opredeleniya penetratsii konusom i igol'chatym indentorom. – Vved. 2015-07-31. – M.: Standartinform, 2010. – 6 s. (In Russian).
14. Rotatsionnye viskozimetry Brukfil'da v issledovanii pishchevykh produktov / A.K. Kakimov i dr. // Vestnik GU imeni Shakarima. – 2015. – № 3(71). – S.87-91. (In Russian).
15. GOST 33479-2015. Produkty pererabotki fruktov i ovoshchei. Opredelenie tsveta kolorimetricheskim metodom. – M.: Standartinform, 2016. – 12 s. (In Russian).

*Материалы подготовлены в рамках научно-технической программы BR24992938 Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024-2026 годы.*

**А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Г.А. Капашева\***

<sup>1</sup>Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты (Семей филиалы),  
071410, Қазақстан Республикасы, Семей қ, Байтұрсынова 29 к-сі

\*e-mail: gena.89.89@mail.ru

#### **ПЕПСИНМЕН ФЕРМЕНТАТИВТІ ӨНДЕУДЕН KEЙІН ҚҰС ЕТ-СҮЙЕКТЕН ЖАСАЛҒАН ШИКІЗАТЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

*Бұл жұмыста пепсин ферментін қолдану арқылы құс ет-сүйек шикізатынан ферментативтік биokonверсия жолымен ақуызды-минералды өнімдер алу технологиясы жан-жақты қарастырылған. Зерттеулер кешені жүргізіліп, алынған өнімдердің фарш тәрізді массалар және сублимациялық кептірілген ұнтақтар түріндегі химиялық құрамы, сондай-ақ физика-химиялық және функционалдық-технологиялық қасиеттері зерттелді. Ферментативтік өңдеу ақуыз-коллаген кешендерінің тиімді ыдырауын қамтамасыз етіп, жоғары биологиялық құндылыққа ие қысқа тізбекті пептидтердің түзілуіне ықпал ететіні анықталды. Сублимациялық кептіру қоректік заттарды сақтау мен шоғырландыруға, сондай-ақ соңғы өнімдердің тұрақтылығы мен сақтау мерзімін арттыруға мүмкіндік берді.*

*Қышқылдық көрсеткіштері (рН 6,2-6,9 аралығында) және су белсенділігі мәндері (0,25-0,99) үлгілердің микробиологиялық қауіпсіздігін растайды. Ұнтақтардағы ақуыздың ең жоғары мөлшері 55,4%-ға дейін, ал минералды заттардың мөлшері 29,7%-ға дейін жетіп, олардың жоғары тағамдық құндылығын көрсетеді.*

*Ұнтақ тәрізді ингредиенттер жоғары су ұстап тұру қабілетімен (182,5%) және май ұстап тұру қабілетімен (135%) ерекшеленіп, оларды ет өнімдерінде функционалдық компоненттер*

ретінде қолданудың перспективалы екендігін дәлелдейді. Алынған нәтижелер пепсинді қолдана отырып жүргізілген ферментативтік биоконверсияның тиімділігін растап, жаңа буындағы ақуызды-минералды тағамдық қоспаларды әзірлеудегі осы технологияның ғылыми және практикалық маңыздылығын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** құс еті, ет-сүйек шикізаты, пепсин, биоконверсия, ақуызды-минералды өнім, функционалды қасиеттер.

**A.K. Suichinov, Zh.S. Yesimbekov, G.A. Kapasheva\***

<sup>1</sup>Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry (Semey branch),  
071410, Republic of Kazakhstan, Semey, 29 Baitursynova str.

\*e-mail: gena.89.89@mail.ru

## **INVESTIGATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PIG MEAT AND BONE RAW MATERIALS AFTER ENZYMATIC TREATMENT WITH PEPSYN**

*This study provides a detailed examination of the technology for producing protein – mineral products from poultry meat-and-bone raw materials through enzymatic bioconversion using the enzyme pepsin. A comprehensive set of investigations is presented, including analysis of the chemical composition, as well as the study of physicochemical and functional-technological properties of the resulting products in the form of minced-like masses and freeze-dried powders.*

*It was established that enzymatic treatment ensures effective degradation of protein–collagen complexes, promoting the formation of short-chain peptides with high biological value. The application of freeze-drying made it possible to preserve and concentrate nutrients, as well as to enhance the stability and shelf life of the final products.*

*Acidity values (pH ranging from 6.2 to 6.9) and water activity levels (from 0.25 to 0.99) confirm the microbiological safety of the samples. The maximum protein content in the powders reached up to 55.4%, while mineral substances accounted for up to 29.7%, indicating their high nutritional value.*

*The powdered ingredients demonstrated excellent technological properties, including high water-holding capacity (182.5%) and fat-holding capacity (135%), making them promising for use in meat products as functional components. The obtained results confirm the effectiveness of enzymatic bioconversion using pepsin and demonstrate the scientific and practical significance of this technology in the development of next-generation protein–mineral food additives.*

**Key words:** poultry meat, meat-and-bone raw material, pepsin, bioconversion, protein-mineral product, functional properties.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Ануарбек Казисович Суйчинов** – қауымдастырылған профессор, PhD? «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, директор; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

**Жәнібек Серікбекұлы Есимбеков** – қауымдастырылған профессор, PhD, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, жоба жетекшісі; e-mail: ezhanibek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-9954>.

**Гүлдана Әділғазықызы Қапашева** – техника ғылымдарының магистрі, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, ғылыми қызметкер; e-mail: gena.89.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0735-9783>.

### **Сведения об авторах**

**Ануарбек Казисович Суйчинов** – ассоц. профессор, PhD, Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», директор; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

**Жанибек Серикбекович Есимбеков** – ассоц. профессор, PhD, Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», научный руководитель; e-mail: ezhanibek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-9954>.

**Гулдана Адильгазыевна Капашева** – магистр технических наук, Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», научный сотрудник; e-mail: gena.89.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0735-9783>.

### **Information about the authors**

**Anuarbek Kazisovich Suychinov** – assoc. Professor, PhD; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Branch), director; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

**Zhanibek Serikbekovich Yessimbekov** – assoc. Professor, PhD, Project Manager; e-mail: ezhanibek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-9954>.

**Guldana Adilgazieva Kapasheva** – Master of Technical Sciences; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Branch), researcher; e-mail: gena.89.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0735-9783>.

Поступила в редакцию 05.01.2026  
Поступила после доработки 30.01.2026  
Принята к публикации 30.01.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-41](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-41)

IRSTI: 65.59.21



**Z. Apsalikova<sup>1</sup>, K. Amirkhanov<sup>1</sup>, S. Gaptar<sup>2</sup>, A. Baikadamova<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20A

<sup>2</sup> Siberian State University of Engineering and Biotechnology,  
630039, Russian Federation, Novosibirsk, Dobrolyubova str., 160

\*e-mail: a.baikadamova@shakarim.kz

## STUDY OF HEAVY METAL AND RADIONUCLIDE CONTENT IN MEAT RAW MATERIALS DEPENDING ON THE TYPE OF THERMAL PROCESSING

**Annotation:** *The article presents the results of the assessment of heavy metal and radionuclide content in lamb depending on the type of thermal processing. The object of the study was lamb muscle tissue subjected to boiling, frying, and stewing under conditions typical for culinary practice. The concentrations of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), as well as radionuclides cesium-137 (Cs-137) and strontium-90 (Sr-90), were determined using instrumental analytical methods after acid digestion and radiometric measurements. It was established that the initial content of toxic and radioactive elements in raw lamb did not exceed the maximum permissible concentrations regulated by sanitary and hygienic standards. The results showed that thermal processing significantly affects the redistribution and relative concentration of contaminants in the finished product. Boiling resulted in a pronounced decrease in heavy metal content (Pb by 58.6%, Cd by 56.7%, As by 18.2%) and radionuclide activity (Cs-137 by 69.8%, Sr-90 by 40.0%) due to their partial migration into the cooking broth. Frying led to a relative increase in the concentration of several elements, particularly Pb and Sr-90, as a result of moisture loss and product mass reduction, while stewing demonstrated intermediate effects. The obtained results confirm the necessity of considering the method of thermal processing when assessing lamb food safety and substantiate boiling as the most preferable method for minimizing toxic and radioactive element intake.*

**Key words:** *lamb; heavy metals; food safety; thermal processing; culinary processing.*

### Introduction

Lamb is a widely consumed type of meat raw material characterized by high nutritional and biological value and serving as a source of complete proteins, essential amino acids, B-group vitamins, and mineral elements. At the same time, as a product of animal origin, lamb is capable of accumulating environmental contaminants, including heavy metals that enter the animal body through feed, water, and soil [1].

Lead, cadmium, and arsenic are among the major toxic elements, characterized by high toxicity, the ability to bioaccumulate, and long biological half-lives in the human body [2]. Even at levels not exceeding sanitary and hygienic standards, chronic dietary intake of heavy metals may adversely affect the functions of internal organs, which necessitates continuous monitoring of their content in meat raw materials and products [3].

In the Republic of Kazakhstan, lamb occupies a significant place in the structure of meat consumption and is traditionally included in the daily diet of the population. Sheep breeding is widely developed in various regions of the country, including areas characterized by heterogeneous environmental conditions, such as proximity to mining enterprises, metallurgical industries, and