



УДК: 637.52:535.36

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.4.236

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА, ВОДЫ И ЖИРА В МЯСЕ ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ В БЛИЖНЕМ ДИАПАЗОНЕ

Калюжная Т.В.* – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы, (ORCID 0000-0002-8682-1840); **Олонцев В.А.** – асс. каф. кормления и разведения животных (ORCID 0009-0000-2851-8192); **Орлов С.И.** – студ. 2 курса факультета ветеринарной медицины

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*tomagafk087@mail.ru

Ключевые слова: пушные звери, хорек, норка, белковый гидролизат, массовая доля белка, массовая доля жира, массовая доля воды, инфракрасная спектроскопия в ближнем диапазоне.

Keywords: fur-bearing animals, ferret, mink, protein hydrolysate, mass fraction of protein, mass fraction of fat, mass fraction of water, infrared spectrometry in the near range.

Поступила: 27.10.2025

Принята к публикации: 05.12.2025

Опубликована онлайн: 26.12.2025



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты определения содержания белка, жира и воды в мышечной ткани пушных зверей клеточного содержания – хорька и норки – в контексте их потенциального использования в качестве сырья для производства таких кормовых продуктов как белковый гидролизат. Целью работы являлась сравнительная оценка химического состава и определение возможности применения неразрушающего экспресс-метода инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне для прогнозирования массовой доли белка, массовой доли жира и массовой доли воды в мясе пушных зверей. Проведен химический анализ проб мышечной ткани пушных зверей по общепринятым методикам. Установлены достоверные межвидовые различия по показателям массовой доли воды, белка и жира. Наибольшая массовая доля белка зафиксирована в мясе хорька ($21,5 \pm 0,8\%$), тогда как мясо норки характеризовалось максимальной массовой долей жира ($12,8 \pm 1,2\%$). На основе данных химического анализа с использованием NIRS-спектрометра с диффузным отражением были разработаны калибровочные модели для быстрого определения этих показателей. Валидация моделей показала высокую точность прогноза: коэффициент детерминации для массовой доли белка составил 0,98, для массовой доли жира – 0,99, для массовой доли воды – 0,97. Полученные данные свиде-

тельствуют о высокой питательной ценности и перспективности использования продуктов убоя пушных зверей в кормовой промышленности для производства белковых гидролизатов. Метод инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне рекомендован для внедрения в систему оперативного контроля качества сырья на предприятиях по производству кормовых продуктов.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современная кормовая промышленность находится в постоянном поиске новых, экономически эффективных и питательных источников животного белка и жира [1]. Растущий спрос на такие кормовые продукты как белковый гидролизат, актуализирует задачу по рациональному использованию ресурсов [2, 3, 4]. Одним из таких перспективных, но недостаточно изученных источников являются побочные продукты убоя пушных зверей - хорька и норки. Ежегодно в звероводческих хозяйствах образуются значительные объемы продуктов убоя, не используемых в меховом производстве, которые могут быть переработаны в высококачественные кормовые продукты [5, 6, 7].

Известно, что мясо плотоядных животных обладает высокой биологической ценностью, являясь источником полноценного белка, эссенциальных аминокислот, жирных кислот и микроэлементов [8, 9]. Однако традиционные методы оценки их химического состава (метод Кьельдаля для определения азота, метод Сокслета для экстракции жира, высушивание до постоянной массы для влаги) являются трудоемкими, требуют значительных временных затрат и использования химических реагентов. В этой связи внедрение экспресс-методов, позволяющих в режиме реального времени анализировать сырье, представляется крайне актуальным для оптимизации технологических процессов.

Одним из наиболее прогрессивных методов является инфракрасная спектроскопия в ближнем диапазоне (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS). Данная технология основана на поглощении электромагнитного излучения в диапазоне 780–2500 нм функциональными группами органических молекул (O-H, N-H, C-H), что позволяет косвенно, но с высокой точностью определять содержание основ-

ных макроэлементов. Метод не требует пробоподготовки, неразрушающий, экологически безопасный и позволяет анализировать несколько показателей одновременно [10].

Целью работы являлась сравнительная оценка химического состава и определение возможности применения неразрушающего экспресс-метода инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне для прогнозирования массовой доли белка, массовой доли жира и массовой доли воды в мясе пушных зверей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Экспериментальную работу осуществляли в 2025 году на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины». Продукты убоя были получены из зверохозяйства «Мермерины». Для исследования были отобраны пробы мышечной ткани (бедренная часть) от половозрелых особей хорька (*Mustela putorius*, n=50) и норки (*Neovison vison*, n=50).

Исследования проводили поэтапно. На первом этапе определяли массовые доли белка, жира и воды референтными методами. Так, массовую долю воды определяли методом высушивания навески до постоянной массы в сушильном шкафу. Массовую долю белка устанавливали методом Кьельдаля путем измерения общего количества азота с последующим пересчетом на белок с использованием установленного в нормативных документах коэффициента. Массовую долю жира определяли методом экстракции в аппарате Сокслета с использованием органического растворителя – петролейного эфира. Все анализы проводились в трехкратной повторности.

На втором этапе регистрировали ИК-

спектры проб мяса с помощью инфракрасного анализатора «ИнфраЛЮМ ФТ-12» (ГК «ЛЮМЕКС»). Для этого гомогенизированные пробы помещали в стандартные кюветы (толщина слоя 18 мм). Анализ каждого образца проводили дважды.

Для создания калибровочных моделей использовали метод частичных наименьших квадратов (PLSR). Совокупность из 100 проб была случайным образом разделена на калибровочную (n=60) и валидационную (n=40) выборки. Качество моделей оценивалось по коэффициенту детерминации (R^{2sec}) и критерию кросс-валидации (SECV), стандартной ошибке калибровки (SEC) и коэффициенту мно-

гомерной регрессии (R^{2secv}), а также по критерию F для проверки адекватности модели.

Статистическая обработка данных референтных методов проводилась с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим тестом Тьюки для множественных сравнений. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты химического анализа мышечной ткани представлены в таблице 1. Статистический анализ выявил наличие достоверных ($p < 0,05$) межвидовых различий по всем исследуемым показателям.

Таблица 1 – Химический состав мышечной ткани хорька и норки (M±m, n=50, %)

Вид животного	Массовая доля воды	Массовая доля белка	Массовая доля жира	Массовая доля золы
Хорек	70,2 ± 1,2 ^b	21,5 ± 0,8 ^c	6,5 ± 0,9 ^a	1,3 ± 0,1 ^a
Норка	64,8 ± 1,8 ^a	19,2 ± 0,6 ^a	12,8 ± 1,2 ^c	1,1 ± 0,1 ^b

Примечание: в пределах одного столбца значения с разными буквенными индексами достоверно различаются ($p < 0,05$).

Таблица 2 – Параметры качества калибровочных моделей, разработанных методом PLSR

Анализируемый показатель	R ² SEC	SEC, %	R ² SECV	SECV, %	F
Массовая доля жира	0,993556	0,046215	0,991798	0,046487	1215,10855
Массовая доля белка	0,986133	0,039589	0,984375	0,042309	1205,11127
Массовая доля воды	0,971572	0,025028	0,969814	0,027748	1201,10183

Наибольшая массовая доля белка была обнаружена в мышечной ткани хорька (21,5±0,8%), что достоверно выше, чем у норки (19,2±0,6%). Высокое содержание протеина делает мясо хорька особенно ценным сырьем для производства протеиновых концентратов. Напротив, наименьшая массовая доля жира отмечена у хорька (6,5±0,9%), тогда как мясо норки характеризовалось самым высоким содержанием липидов (12,8±1,2%). Выявленные различия, вероятно, связаны с видовыми

особенностями метаболизма, сезонными адаптациями к холоду (у норки) и мышечной активностью.

Массовая доля воды находилась в обратной корреляционной зависимости с содержанием жира ($r = -0,89$), что является типичным для мышечной ткани животных. Наибольшее содержание влаги отмечено у хорька (70,2±1,2%), наименьшее – у норки (64,8±1,8%).

На основе данных референтного анализа и снятых ИК-спектров были постро-

ены калибровочные модели для прогнозирования массовой доли белка, жира и воды.

Как видно из таблицы 2, все разработанные модели показали высокую прогностическую способность. Коэффициенты детерминации (R^{2sec}) превышали значение 0,97 для всех трех показателей. Кроме того, анализируя рассчитанные значения коэффициентов многомерной регрессии для каждого показателя R^{2sec}

и R^{2secv} установили, что их значение было близко к 1. Это характеризует хорошую предсказательную способность построенной калибровочной модели. Кроме того, сравнительный анализ значений SEC и SECV выявил их незначительную вариацию, что служит статистическим подтверждением устойчивости и адекватности полученных калибровочных моделей.

Полученные значения коэффициентов для всех моделей, свидетельствует об их пригодности для использования в целях промышленного контроля, включая сортировку сырья [5]. Высокая точность определения жира методом NIRS объясняется сильными сигналами от C-H групп, которые хорошо детектируются в ближнем ИК-диапазоне. Графики зависимости предсказанных NIRS-методом значений от данных, полученных референтными методами, демонстрируют тесную линейную связь и незначительное смещение, что подтверждает адекватность и точность калибровок (Рисунок 1).

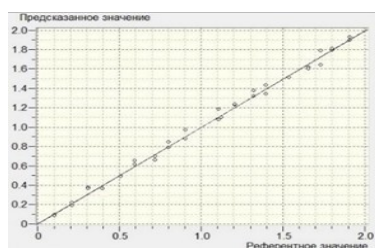


Рисунок 1 – Пример графика «предсказанные и референтные значения» для массовой доли белка в мясе пушных зверей.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенное исследование позволило получить новые данные о содержании белка, воды и жира в мясе таких пушных зверей, как хорек и норка. Установлены достоверные межвидовые различия по основным нутриентам: мясо хорька является наиболее богатым источником белка, мясо норки – жира. Высокое содержание протеина и жира подтверждает целесообразность использования мяса этих животных после съемки шкурок в качестве ценного кормового сырья для производства таких кормовых продуктов как белковый гидролизат.

Впервые для данного вида сырья доказана эффективность применения метода инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне для оперативного контроля качества. Разработанные калибровочные модели позволяют с высокой точностью и в течение нескольких минут определять массовую долю белка, массовую долю жира и массовую долю воды в гомогенизированных пробах, что исключает необходимость проведения длительных химических анализов.

Внедрение NIRS-технологии на предприятиях, перерабатывающих побочные продукты звероводства, позволит осуществлять входной контроль сырья и стандартизировать выпускаемую продукцию по ключевым показателям.

DETERMINATION OF PROTEIN, WATER, AND FAT CONTENT IN FUR-BEARING ANIMAL MEAT BY NEAR-INFRARED SPECTROMETRY

Kalyuzhnaya T.V.* – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise (ORCID 0000-0002-8682-1840); **Olontsev V. A.** – Assistant at the Department of Animal Nutrition and Breeding (ORCID 0009-0000-2851-8192); **Orlov S. I.** – 2nd year student at the Faculty of Veterinary Medicine.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*tomagafk087@mail.ru

ABSTRACT

The article presents the results of determining the protein, fat, and water content in the muscle tissue of caged fur-bearing animals – ferrets and minks - in the context of their potential use as raw materials for the production of such feed products as protein hydrolysate. The aim of the work was to compare the chemical composition and determine the possibility of using a non-destructive express method of infrared spectrometry in the near range to predict the mass fraction of protein, mass fraction of fat and mass fraction of water in the meat of fur-bearing animals. Chemical analysis of muscle tissue samples of fur-bearing animals was carried out according to generally accepted methods. Significant interspecific differences in the mass fractions of water, protein, and fat have been established. The largest mass fraction of protein was recorded in ferret meat ($21.5 \pm 0.8\%$), while mink meat was characterized by the maximum mass fraction of fat ($12.8 \pm 1.2\%$). Based on chemical analysis data using a diffuse reflection NIRS spectrometer, calibration models were developed to quickly determine these indicators. Validation of the models showed a high accuracy of the forecast: the coefficient of determination for the mass fraction of protein was 0.98, for the mass fraction of fat – 0.99, for the mass fraction of water – 0.97. The data obtained indicate the high nutritional value and promising use of products from the slaughter of fur-bearing animals in the feed industry for the production of protein hydrolysates. The method of infrared spectrometry in the near range is recommended for implementation in the system of operational quality control of raw materials at enterprises producing feed products.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Полякова, А. С. Возможность использования тушек пушных зверей в корм животным и птицам / А. С. Полякова // Студенческая наука - взгляд в будущее: Материалы XIX Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 27–29 февраля 2024 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный

университет, 2024. – С. 200-204.

2. Балакирев, Н. А. Содержание, кормление и болезни клеточных пушных зверей / Н. А. Балакирев, Д. Н. Перельдик, И. А. Домский. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2013. – 272 с.

3. Белковые гидролизаты / А. А. Дельцов, В. М. Бачинская, Д. В. Гончар [и др.]. – Москва: Издательство «Научная библиотека», 2024. – 160 с. DOI 10.36871/978-5-907823-51-8.

4. Абрамов, П. Н. Гепатотропные эффекты при применении белкового гидролизата / П. Н. Абрамов // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов 3-й Научно-практической конференции, Москва, 28 июня 2024 года. – Москва: ООО «Издательство «Сельскохозяйственные Технологии», 2024. – С. 104-105.

5. Слесаренко, Н. А. Морфологическое обоснование эффективности применения белкового гидролизата в пушном звероводстве / Н. А. Слесаренко, А. М. Воронин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 39-47.

6. Эффективность белкового гидролизата из мышечной ткани норок при диспепсии телят молозивного периода / А. И. Албулов, М. А. Фролова, Р. В. Рогов [и др.] // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Витебск, 04–06 ноября 2024 года. – Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2024. – С. 15-19.

7. Балакирев, Н. А. Эффективность применения белкового гидролизата из мышечной ткани норок в кормлении молодняка соболей и его влияние на их продуктивность / Н. А. Балакирев, Е. А. Момотюк, В. Н. Денисенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 11(121). – С. 92-98.

8. Калюжная, Т. В. К вопросу о пищевой ценности мяса нутрии / Т. В. Калюжная // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 3. – С. 197-199. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2018.3.197.
9. Калюжная, Т. В. Послеубойная ветеринарно-санитарная экспертиза и идентификация продуктов убоя нутрии / Т. В. Калюжная // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 3. – С. 101-104. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2018.3.101.
10. Калюжная, Т. В. Изучение спектральных характеристик меламина для оценки безопасности молока и продуктов его переработки при лабораторном контроле / Т. В. Калюжная, А. В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 166-171. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.2.166.

REFERENCES

1. Polyakova, A. S. The possibility of using fur-bearing animal carcasses for animal and bird food / A. S. Polyakova // Student Science - a look into the future: Proceedings of the XIX All-Russian Student Scientific Conference, Krasnoyarsk, February 27-29, 2024. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2024. pp. 200-204.
2. Balakirev, N. A. Maintenance, feeding and diseases of caged fur-bearing animals / N. A. Balakirev, D. N. Pereldik, I. A. Domsky. Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2013. 272 p.
3. Protein hydrolysates / A. A. Deltsov, V. M. Bachinskaya, D. V. Gonchar [et al.]. Moscow: Scientific Library Publishing House, 2024. 160 p. DOI 10.36871/978-5-907823-51-8.
4. Abramov, P. N. Hepatotropic effects in the use of protein hydrolysate / P. N. Abramov // Actual problems of veterinary medicine, zootechny, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin: Proceedings of the 3rd Scientific and Practical Conference, Moscow, June 28, 2024. – Moscow: Agricultural Technologies Publishing House, LLC, 2024, pp. 104-105.

5. Slesarenko, N. A. Morphological substantiation of the effectiveness of the use of protein hydrolysate in fur farming / N. A. Slesarenko, A.M. Voronin // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. – 2019. – № 4. – pp. 39-47.
6. The effectiveness of protein hydrolysate from mink muscle tissue in colostrum calf dyspepsia / A. I. Albulov, M. A. Frolova, R. V. Rogov [et al.] // Actual problems of treatment and prevention of diseases of young animals: proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Vitebsk Order of Honor Educational Institution State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, November 04-06, 2024. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, 2024, pp. 15-19.
7. Balakirev, N. A. The effectiveness of using protein hydrolysate from mink muscle tissue in feeding young sables and its effect on their productivity / N. A. Balakirev, E. A. Momotyuk, V. N. Denisenko // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2014. – № 11(121). – Pp. 92-98.
8. Kalyuzhnaya, T. V. On the question of the nutritional value of nutria meat / T. V. Kalyuzhnaya // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2018. – No. 3. – pp. 197-199. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2018.3.197.
9. Kalyuzhnaya, T. V. Post-slaughter veterinary and sanitary examination and identification of nutria slaughter products / T. V. Kalyuzhnaya // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2018. – No. 3. – pp. 101-104. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2018.3.101.
10. Kalyuzhnaya, T. V. Study of the spectral characteristics of melamine to assess the safety of milk and its processed products during laboratory control / T. V. Kalyuzhnaya, A.V. Drozd // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2024. – No. 2. – pp. 166-171. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.2.166.