

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ И ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ / PHYSICAL-CHEMICAL AND GENERAL BIOLOGY

Оригинальная статья / Original article

УДК 543.452

DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-3-84-91

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ВИДА ОБРАБОТОК НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

© Л.В. Плотникова, А.П. Нечипоренко, С.М. Орехова,  
М.В. Успенская, П.П. Плотников, А.Л. Ишевский

Научно-исследовательский университет Информационных технологий, механики и оптики,  
Российская Федерация, 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Методами ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (ИКС НПВО) и электронной спектроскопии диффузного отражения (ЭСДО) проведено сравнительное исследование влияния последовательных водной, солевой и щелочной экстракций на спектральные характеристики поверхности измельченной мышечной ткани свинины и ее основных составляющих. Показано, что в отличие от ИК-спектроскопии, являющейся методом группового анализа функциональных группировок, метод ЭСДО позволяет проводить тестирование компонентного состава сложных биоматериалов – белков, липидов, углеводов. Дискретность энергий возбуждения электронов неподеленных пар кислорода карбонильных групп, принадлежащих разным, но практически всем классам веществ всех составных частей биологических тканей – саркоплазмы, мышечного волокна, стромы и ее белков, обуславливает методу высокое разрешение, чувствительность и информативность.*

*Ключевые слова: мышечная ткань животного происхождения, инфракрасная и электронная спектроскопия мышечной ткани.*

**Формат цитирования:** Плотникова Л.В., Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Успенская М.В., Плотников П.П., Ишевский А.Л. Влияние различного вида обработок на оптические свойства мышечной ткани животного происхождения // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Т. 7, N 3. С. 84–91. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-3-84-91

## INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF TREATMENT ON THE OPTICAL PROPERTIES OF MUSCLE TISSUE OF ANIMAL ORIGIN

© L.V. Plotnikova, A.P. Nechiporenko, S.M. Orehova, M.V. Uspenskaya,  
P.P. Plotnikov, A.L. Ishevskiy

University of Information technologies, Mechanics and Optics  
191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov Str., 9

*A comparative study of the effect of successive aqueous, salt and alkaline extractions on the spectral characteristics of the surface of ground pork muscle tissue and its main components was performed using attenuated total reflectance IR spectroscopy (ATR - IR) and electron spectroscopy of diffuse reflectance (ESDR). It is shown that, unlike IR spectroscopy, which is a method of group analysis of functional groups, the ESDR method makes it possible to test the component composition of complex biomaterials – proteins, lipids, carbohydrates. The high resolution, sensitivity and informativity of the method are determined by the discreteness of electron excitation energies of oxygen lone pairs present in carbonyl groups. These carbonyl groups are found in almost all materials of biologic tissue components, although belonging to their different types – sarcoplasm, muscle fibre as well as stroma and its proteins.*

*Keywords: skeletal muscle tissue of animal origin», «infrared and electronic spectroscopy of muscle*

**For citation:** Plotnikova L.V., Nechiporenko A.P., Orehova S.M., Uspenskaya M.V., Plotnikov P.P., Ishevskiy A.L. Influence of different types of treatment on the optical properties of muscle tissue of animal origin. *Izves-*

*tia Vuzov. Prikladnaya Khimia i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no. 3, pp. 84–91 (in Russian). DOI: 10/21285/2227-2925-2017-7-3-84–91

## ВВЕДЕНИЕ

Методы ИКС НПВО и ЭСДО являются неразрушающими методами исследования поверхности твердофазных систем различной природы и происхождения – неорганического, органического и биологического. Мышечная ткань животного происхождения – это сложный многокомпонентный материал, содержащий множество различных белков, липидов, углеводов и их разнообразных гибридов. Соотношение компонентов и химический состав их строительных блоков зависят от анатомической локализации мышечной ткани, возраста животного, пола, породы, рациона кормления и др. [1–3]. Все это вносит определенные затруднения при интерпретации данных, полученных методами ИК-спектроскопии, поскольку независимо от класса компонента одноименные функциональные группировки будут проявляться в одном и том же частотном интервале [4–6].

Возможности метода ЭСДО намного скромнее ИК-спектроскопии, но в ряде случаев он позволяет получать информацию, недоступную другим методам [7–9]. ЭСДО относится к категории методов тестирования компонентного состава биологических материалов. Аналитические возможности и разрешающую способность метода обуславливают преимущественно карбонильные группы (C=O), благодаря энергетической дискретности и индивидуальности неподеленных пар электронов их кислорода, принадлежащих разным, но практически всем классам веществ всех составных частей биологических тканей [9–12]. Связующим звеном для методов инфракрасной и электронной спектроскопии могут служить именно карбонилы, являющиеся в обоих случаях высоко характеристическими группировками с особым статусом.

Цель работы – сравнительное исследование влияния различного вида обработок на инфракрасный и электронный спектры поверхности измельченной мышечной ткани животного происхождения и ее составляющих.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования являлись измельченная ( $d = 2,5$  мм) свежееохлажденная мышечная ткань свинины (длиннейшая мышца спины) и ее основные составляющие – мышечное волокно, строма и белки стромы, полученные путем последовательных

водной, солевой (раствор Вебера) и щелочной (0,6 М раствор NaOH) экстракций, соответственно, саркоплазмы (водорастворимой части мышечной ткани, содержащей вещества всех классов), актомиозинового комплекса (контрактильных белков – актина, миозина, тропомиозина) и мукополисахаридов (углеводного структурного элемента соединительной ткани) [1, 2].

ИК-спектры НПВО получали на ИК-Фурье спектрометре Tensor 37, управляемым программным пакетом OPUS™ со стандартными градуировочными возможностями, в диапазоне частот 4000–600  $\text{см}^{-1}$  (фирма Bruker). Электронные спектры диффузного отражения поверхности исследуемых образцов снимали на спектрофотометре марки Specord M-200 (AIZ Engineering GmbH, Germany) относительно эталона «Spectrolon» в диапазоне длин волн 200–700 нм с компьютерной обработкой данных в координатах

$$A = f(\lambda),$$

где  $A$  – поглощение;  $\lambda$  – длина волны в нанометрах (нм).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

**Метод ИКС НПВО.** Важной особенностью составных частей мышечной ткани является их иерархическая последовательность по растворимости, что было использовано при подготовке образцов к исследованию. Кривой 1 на рисунке 1 представлен ИК-спектр поглощения поверхности измельченной мышечной ткани свинины. В состав высокочастотной полосы с максимумом 3350  $\text{см}^{-1}$  могут входить валентные (симметричные и асимметричные) колебания OH- и NH<sub>n</sub>-группировок [5,6] строительных блоков всех водорастворимых и нерастворимых компонентов (белков, углеводов, липидов и др.) саркоплазмы, мышечного волокна, стромы, белков стромы, в том числе и гидроксильные группы связанных молекул воды, маскирующих азотсодержащие функционалы. Деформационным колебаниям связанных OH-групп молекул воды отвечает максимум при 1637  $\text{см}^{-1}$ . На спаде его левой и правой ветвей слабо проявлены полосы преимущественно карбониллов карбоксильных групп жирных кислот (1743  $\text{см}^{-1}$ ) и =C=O пептидных связей белковых структур (1548  $\text{см}^{-1}$ ). Валентные колебания CH<sub>n</sub>-группировок также всех компонентов составных частей мышечной ткани

будут присутствовать в области 3050–2850  $\text{см}^{-1}$  – на спаде правой ветви высокочастотного максимума [5, 6]. В низкочастотном диапазоне ( $<1500 \text{ см}^{-1}$ ) могут регистрироваться различные типы деформационных колебаний  $\text{CH}_n-$ ,  $\text{NH}_n-$ ,  $\text{OH}$ -групп, а также валентные колебания связей  $\text{C-O}$ ,  $\text{C-C}$  и др.

Водная обработка измельченной мышечной ткани (кр. 2) приводит к снижению интенсивности полосы 3350  $\text{см}^{-1}$ , что обусловлено удалением водорастворимых компонентов саркоплазмы. Солевая экстракция актомиозинового комплекса (кривая 3) напротив вызывает ее увеличение и небольшой высокочастотный сдвиг, связанный, по-видимому, с повышенной влагоудерживающей способностью коллагена стромы. Щелочная обработка – удаление мукополисахаридов и липидов, вкрапленных в виде гранул в соединительной ткани, приводит к bathochromному сдвигу правой ветви полосы 3350  $\text{см}^{-1}$  и росту ее интенсивности в спектре белков стромы (кривая 4).

О характере изменения интенсивности полос поглощения карбонильных и  $\text{NH}$ -группировок в результате последовательных экстракций позволяют судить увеличенные фрагменты спектров, приведенные на рис. 2. В спектре исходной (кр. 1) мышечной ткани («а») достаточно выражены слабые полосы карбонильных групп 1743 и 1551  $\text{см}^{-1}$ .

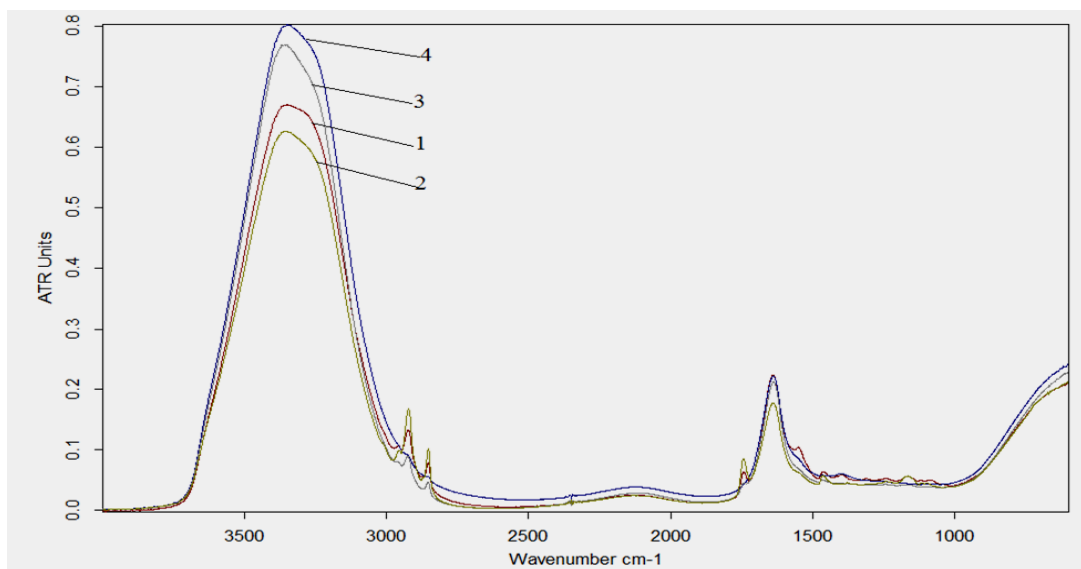
После водной обработки (кр. 2) полоса 1743  $\text{см}^{-1}$  несколько увеличивается, что мо-

жет быть связано с проявлением  $-\text{COOH}$ -групп аминокислотных остатков белков и жирных кислот липидов в спектре мышечного волокна после удаления водорастворимых веществ саркоплазмы. Полоса карбоксилатных групп (1551  $\text{см}^{-1}$ ) при этом исчезает. Аналогичным образом в процессе последовательных обработок изменяется интенсивность полос поглощения, за проявление которых ответственны.

Солевая (кр. 3) обработка (удаление контрактильных белков – актина и миозина) вызывают снижение полосы 1743  $\text{см}^{-1}$ . Щелочная экстракция (4) липидов и мукополисахаридов соединительной ткани приводит к полному ее исчезновению и увеличению поглощения в виде размытого плеча в области 1551  $\text{см}^{-1}$ . По сути, кривая 4 на рисунке 1 должна отвечать суммарному спектру белков стромы, биологическим полимерам, – в основном коллагену и эластину. Однако проявление функциональных групп их строительных блоков – аминокислот маскируется водой, поглощенной коллагеном. В результате ИК-спектр белков стромы представляет собой спектр дистиллированной воды.

Исследование топленого свиного жира (рис. 3\*) показало отсутствие в его спектре высокочастотной полосы ( $>3050 \text{ см}^{-1}$ ) валентных и полосы деформационных (1637  $\text{см}^{-1}$ ) колебаний  $\text{OH}$ -групп связанных молекул воды.

Однако, по сравнению с мышечной тка-



**Рис. 1. ИК-спектры свежее охлажденной мышечной ткани свинины (1) и ее основных составляющих: 2 – мышечного волокна; 3 – стромы; 4 – белков стромы**

**Fig. 1. IR-spectrum of chilled pork muscle tissue (1) and its components: muscle fiber (2), stroma (3), proteins of stroma (4)**

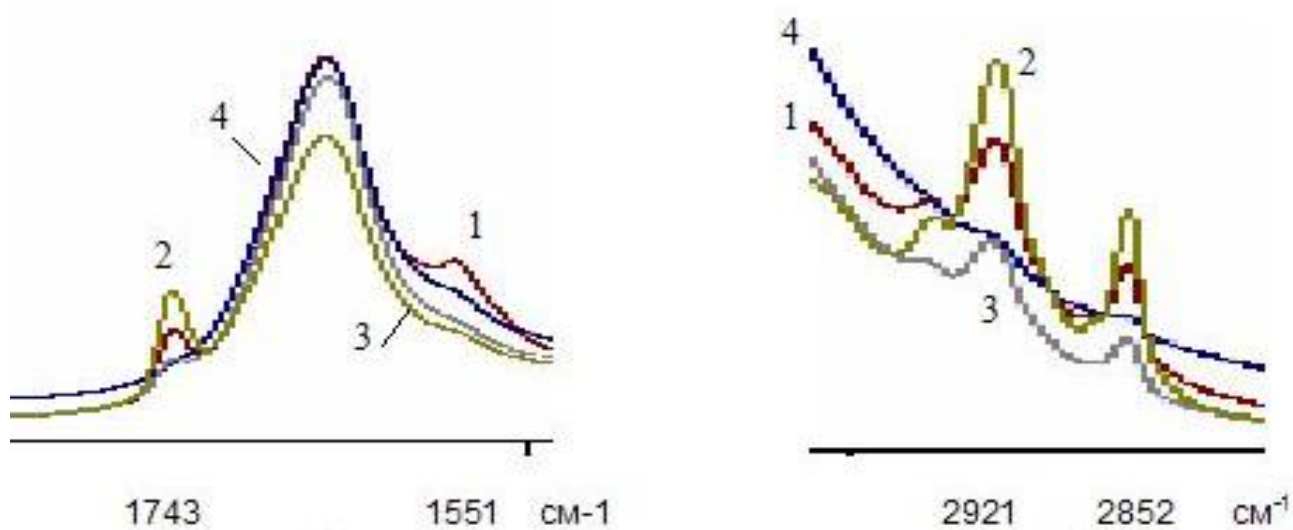


Рис. 2. Фрагменты ИК-спектров, приведенных на рис.1

Fig. 2. Fragments of IR-spectrum showed in Fig. 1.

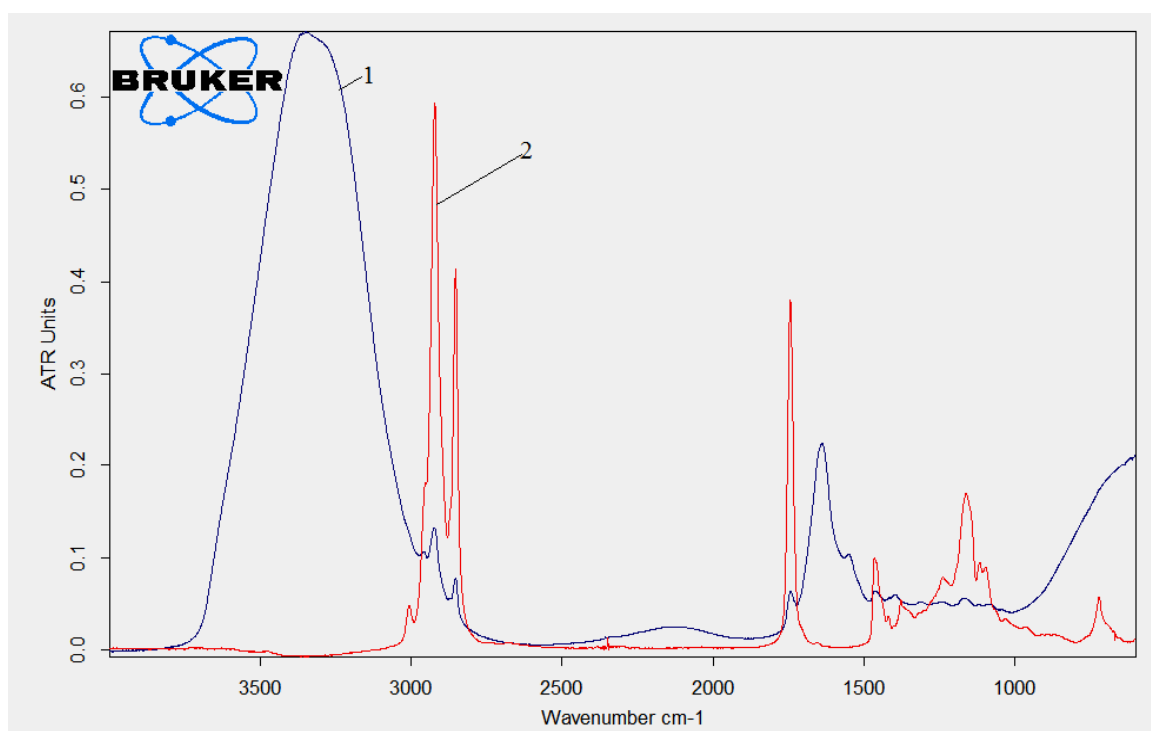


Рис. 3. ИК-спектры измельченной мышечной ткани свинины (1) и топленого свиного жира (2)<sup>1</sup>

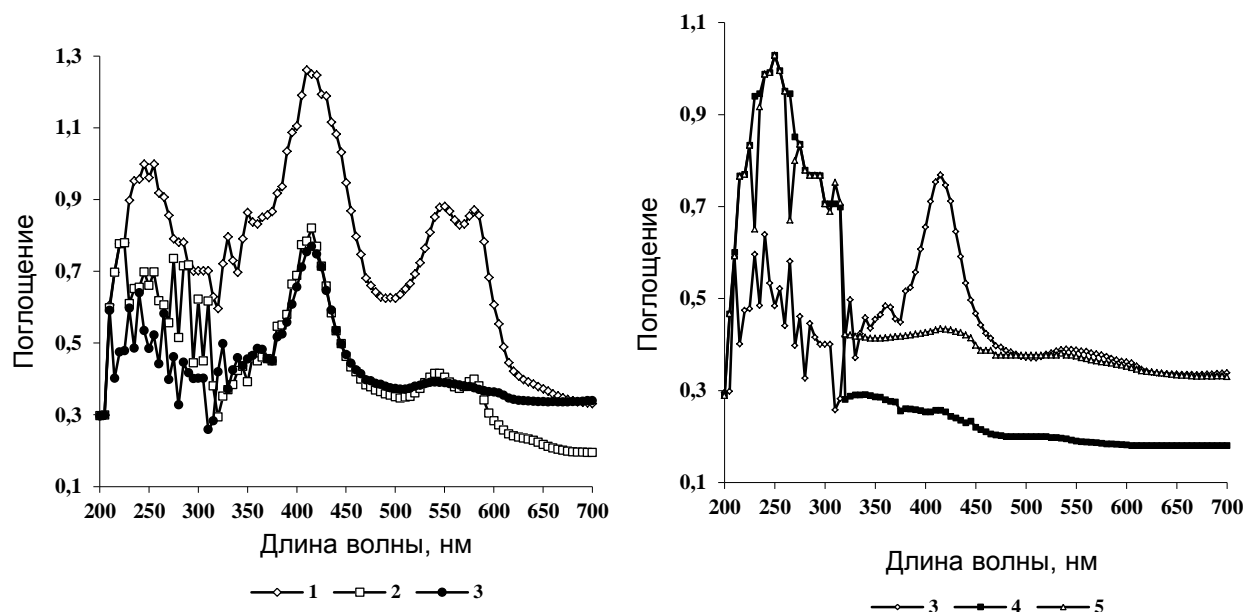
Fig. 3. IR-spectrum of ground pork muscle tissue (1) and pork rendered fat (2)

<sup>1</sup> \*Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Плотникова Л.В. и др. Специализированный практикум по физико-химическим методам анализа: электронная и ИК-спектроскопия отражения, люминесцентная и рентгенофлуоресцентная спектроскопия, рефрактометрия, термометрия, кинетическая рН-метрия, индикаторный метод – РЦА. Теория и практика. Часть II. СПб.: НИУ ИТМО, 2016. 178 с.

ню свинины, в нем доминируют две очень интенсивные узкие полосы ( $2921$  и  $2852\text{ см}^{-1}$ ), ответственные за поглощение  $\text{C-H}_n$ -группировок жирных кислот – строительных блоков триглицеридов жиров и масел. Узкая интенсивная полоса  $1743\text{ см}^{-1}$  в спектре жира принадлежит карбонильным группировкам жирных кислот липидов. В состав данной полосы, слабо выраженной в спектре мышечной ткани, могут входить карбонилы липидных, белковых, углеводных компонентов. Кроме того, в спектре жира отмечается очень слабая полоса  $1654\text{ см}^{-1}$  валентных колебаний  $\text{C}=\text{C}$ -связей, валентных ( $3008\text{ см}^{-1}$ ) и деформационных ( $722\text{ см}^{-1}$ ) колебаний  $\text{C-H}$ -группировки при двойной связи( $=\text{CH}$ ).

**Метод ЭСДО** является одним из эффективных методов контроля качества, как сырье-

вых материалов пищевой промышленности, так и продуктов их переработки [4]. В общем виде электронный спектр поверхности мышечной ткани может быть представлен четырьмя достаточно четко дифференцированными областями (рис. 4) [9–12]. В видимом диапазоне регистрируется дублет пигментного белка мышечной ткани – миоглобина ( $540/580\text{ нм}$ ), обеспечивающего мясу его окраску. Мукополисахариды – углеводная составляющая соединительной ткани, дают интенсивную полосу при  $400\text{--}425\text{ нм}$ . В области ближнего ультрафиолета ( $320\text{--}380\text{ нм}$ ) серией полос средней интенсивности проявляются строительные блоки липидных компонентов – ненасыщенные жирные кислоты: олеиновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая.



**Рис. 4. Электронные спектры поверхности основных составляющих измельченной мышечной ткани свинины: 1 – исходная мышечная ткань; 2 – мышечное волокно; 3 – строма; 4 – актомиозин; 5 – белки стромы**

**Fig. 4. Electronic spectrum of surface of main components of ground pork muscle tissue: 1 – initial muscle tissue; 2 – muscle fiber; 3 – stroma; 4 – actomyosin; 5 – proteins of stroma**

В средней части УФ-области ( $240\text{--}300\text{ нм}$ , [13]) поглощают хромофоры четырех аминокислотных остатков (тирозина, триптофана, фенилаланина, гистидина), дисульфидные связи –  $230/235\text{ нм}$ , а также моносахариды, олигосахариды и их разнообразные гибриды ( $260\text{--}315\text{ нм}$ ) [14]. Пептидная связь дает полосу при  $220\text{--}225\text{ нм}$  [15]. Однако, несмотря на многообразие, строительные блоки веществ, принадлежащих к одному классу, независимо от характера составляющих частей мышечной

ткани поглощают в определенном достаточно узком диапазоне длин волн.

Из спектров, приведенных на рисунке 4, видно, что при водной обработке мышечной ткани (кр. 1) происходит вымывание всех классов веществ саркоплазмы, что выражается в снижении кривой светопоглощения (2). Структуризация ее УФ-полосы в диапазоне  $225\text{--}310\text{ нм}$  говорит о разрушении химических связей белково-углеводных компонентов. Однако узкая полоса при  $220\text{--}225\text{ нм}$  свидетельствует о

сохранении пептидных связей в структуре мышечного волокна.

После солевой обработки мышечного волокна (кривая 3) с удалением актомиозина исчезает максимум при 220-225 нм, но сохраняются полосы липидных компонентов (320-380 нм) и мукополисахаридов (415-420 нм); полностью уходит дублет миоглобина, связанного с фибриллами контрактильных белков. Таким образом, кривая (3) представляет оптический спектр поверхности стромы (белков соединительной ткани и связывающих их мукополисахаридов). В ее спектре следует отметить узкий отрицательный экстремум при 230-235 нм, указывающий на деструкцию дисульфидных S-S-мостиков.

Разрушение углеводной составляющей соединительной ткани и липидных гранул, вкрапленных в ее структуру достигается щелочной обработкой стромы. Увеличение интенсивности и восстановление контура УФ-полосы также обязано удалению мукополисахаридов, маскирующих белковые компоненты. Кривая (5) – это электронный спектр белков стромы. Отсутствие помех со стороны воды, поглощающей в области дальнего ультрафиолета (180 нм), – привлекательная особенность метода ЭСДО. По оптическим характеристикам белки стромы близки к белкам актомиозинового комплекса (комплекса сократительных белков – кривая 4), полученного по методике [16].

Снижение поглощения отдельных полос, всего спектра или его фрагмента в определен-

ной области электромагнитного излучения указывает на разрушение или удаление соответствующих веществ.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведено сравнительное исследование методами ИКС НПВО и ЭСДО мышечной ткани животного происхождения с использованием различия и иерархической последовательности по растворимости в водно-солевых и щелочных растворах ее составных частей (саркоплазмы, актомиозинового и мукополисахаридного комплексов), позволившее впервые получить спектральные образы мышечного волокна, стромы и ее белков. Отмечено, что изменение структурно-химического состояния биологической ткани в результате различного рода обработок, в обоих методах лучше всего и наиболее логично проявляется через оптические характеристики карбонильных группировок строительных блоков ее основных компонентов – белков, липидов, углеводов. Показано, что высокая разрешающая способность, чувствительность и информативность метода ЭСДО, обязанные дискретности энергии возбуждения электронов неподеленных пар кислорода карбонильных групп, принадлежащих веществам разных классов, обуславливают его реальные и потенциальные возможности при тестировании компонентного состава сложных биологических материалов и систем.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов. М.: Пищевая промышленность, 1965. 489 с.
2. Антипова Л.В., Жеребцов Н.А. Биохимия мяса и мясных продуктов. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1991. 183 с.
3. Рогожин В.В. Биохимия мышц и мяса. СПб.: ГИОРД, 2009. 237 с.
4. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос, 2001. 376 с.
5. Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. М.: МГУ, 2012. 55 с.
6. Миронов В.А., Янковский С.А. Спектроскопия в органической химии. М.: Химия, 1995. 232 с.
7. Ranasinghesagara J, Nath TM, Wells SJ, Weaver AD, Gerrard DE, Yao G. Imaging optical diffuse reflectance in beef muscles for tenderness prediction // Meat Sci. 2010. V. 84, N 3. P. 413–421.
8. Muñoz Morales A.A., Vázquez Y., Montiel S. Retrieving. The optical parameters of biological

tissues using diffusereflectance spectroscopy and Fourier series expansions. I. theory and application. Biomed. Opt. Express. 2012. V. 3, N 10. P. 2395–2404.

9. Orehova S., Nechiporenko U., Vasileva I., Nechiporenko A. Ethanol effect on the radiolysis of pork muscle tissue. // 6th Baltic Conference on Food Science and Technology «Innovations for food science and production». «Foodbalt 2011». Latvia, Jelgava, May 5–6, 2011. P. 177–181.

10. Орехова С.М., Нечипоренко А.П. Радуризация мышечной ткани свинины // ЭНЖ. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014, N 1. Режим доступа: <http://processes.open-mechanics.com>.

11. Орехова С.М., Нечипоренко А.П. Влияние обработки этанолом мышечной ткани свинины на оптические характеристики мышечного волокна // Известия вузов. Серия «Пищевая технология». 2013, N 4. С. 16–18.

12. Нечипоренко А.П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твердофазных систем. Индикаторный метод. СПб.: Лань, 2016. 284 с.

13. Демченко А.П. Ультрафиолетовая спектрофотометрия и структура белков. Киев: Наукова думка, 1981. 208 с.

14. Элиас П.С., Кохен А. Дж. Радиационная химия основных компонентов пищевых продуктов / Пер. с англ. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 221 с.

15. Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии. Л.: Химия, 1985. 248 с.

16. Базарнова Ю.Г., Бурова Т.Е., Марченко В.И., Смелик В.А., Третьяков Н.А. Биохимические основы переработки и хранения сырья животного происхождения. СПб.: Проспект науки, 2011. 192 с.

## REFERENCES

1. Sokolov A.A. *Fiziko-khimicheskie i biokhimicheskie osnovy tekhnologii myasoproduktov* [Physico-chemical and biochemical bases of technology of meat products]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1965, 489 p.

2. Antipova L.V., Zherebtsov N.A. *Biokhimiya myasa i myasnykh produktov* [Biochemistry of meat and meat products]. Voronezh: Voronezh University Publ., 1991, 183 p.

3. Rogozhin V.V. *Biokhimiya myshts i myasa* [Biochemistry of muscle and meat]. St. Petersburg: GIOR Publ., 2009, 237 p.

4. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. *Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov* [Research methods of meat and meat products]. Moscow: Kolos Publ., 2001, 376 p.

5. Tarasevich B.N. *IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soedinenii. Spravochnye materialy* [The IR spectra of the main classes of organic compounds. Reference materials]. Moscow: MGU Publ., 2012, 55 p.

6. Mironov B.A., Yankovskii S.A. *Spektroskopiya v organicheskoi khimii* [Spectroscopy in organic chemistry]. Moscow: Khimiya Publ., 1995, 232 p.

7. Ranasinghesagara J, Nath T.M., Wells S.J., Weaver A.D., Gerrard D.E., Yao G. Imaging optical diffuse reflectance in beef muscles for tenderness prediction. *Meat Sci.* 2010, vol. 84, no. 3, pp. 413–421.

8. Muñoz Morales A.A., Vázquez Y., Montiel S. Retrieving. The optical parameters of biological tissues using diffuserelectance spectroscopy and Fourier series expansions. I. Theory and application. *Biomed. Opt. Express.* 2012, vol. 3, no. 10, pp. 2395–2404.

9. Orekhova S., Nechiporenko U., Vasileva I., Nechiporenko A. Ethanol effect on the radiolysis of pork muscle tissue. *Proc. 6th Baltic Conf. on Food Sci. and Technol. «Innovations for food sci-*

*ence and production. Foodbalt 2011».* Latvia, Jelgava, 2011, pp. 177–181.

10. Orekhova S.M., Nechiporenko A.P. Reguritate muscle tissue of pork. *Elektronnyi Nauchnyi Zhurnal. Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Electronic Scientific journal NIU ITMO]. 2014, no. 1. Available at: <http://processes.openmechanics.com>. (in Russian)

11. Orekhova S.M., Nechiporenko A.P. The effect of treatment with ethanol the muscle tissue of pork on the optical characteristics of the muscle fibers. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of institutes of higher education. Food technology]. 2013, no. 4, pp. 16–18. (in Russian).

12. Nechiporenko A.P. *Donorno-aktseptornyye svoystva poverkhnosti tverdogfaznykh sistem. Indikatornyi metod* [Donor-acceptor properties of surfaces of solid-phase systems. Indicator method]. St. Petersburg: Lan' Publ., 2016, 284 p.

13. Demchenko A.P. *Ul'trafiol'etovaya spektrofotometriya i struktura belkov* [Ultraviolet spectrophotometry and protein structure]. Kiev: Naukova dumka Publ., 1981, 208 p.

14. Elias P.S., Kohen A.D. *Radiatsionnaya khimiya osnovnykh komponentov pishchevykh produktov* [Radiation chemistry of major food components]. Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1983, 221 p.

15. Sverdlova O.V. *Elektronnye spektry v organicheskoi khimii* [Electronic spectra in organic chemistry]. Leningrad: Khimiya Publ., 1985, 248 p.

16. Bazarnova Yu.G., Bugrova T.E., Marchenko V.I., Smelik V.A., Tret'yakov N.A. *Biokhimicheskie osnovy pererabotki i khraneniya syr'ya zhivotnogo proiskhozhdeniya* [Biochemical bases of the processing and storage of raw materials of animal origin]. St. Petersburg: Prospekt nauki Publ., 2011, 192 p.

## Критерии авторства

Плотникова Л.В., Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Успенская М.В., Плотников П.П., Ишевский А.Л. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Плотникова Л.В., Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Успенская М.В., Плотников П.П., Ишевский А.Л. имеют на статью равные авторские

## Contribution

Plotnikova L.V., Nechiporenko A.P., Orekhova S.M., Uspenskaya M.V., Plotnikov P.P., Ishevskiy A.L. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Plotnikova L.V., Nechiporenko A.P., Orekhova S.M., Uspenskaya M.V., Plotnikov P.P., Ishevskiy A.L. have equal author's rights and bear equal re-

права и несут равную ответственность за плагиат.

sponsibility for plagiarism.

***Конфликт интересов***

***Conflict of interests***

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**  
***Принадлежность к организации***

**AUTHORS' INDEX**  
***Affiliations***

**Людмила В. Плотникова**

Научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
Аспирант  
ljusja@mail.ru

**Lyudmila V. Plotnikova**

University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Postgraduate Student  
ljusja@mail.ru

**Алла П. Нечипоренко**

Научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
Д.х.н., профессор  
allanechiporenko 2512@yandex.ru

**Alla P. Nechiporenko**

University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Doctor of Chemistry, Professor  
allanechiporenko 2512@yandex.ru

**Светлана М. Орехова**

Научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
К.т.н.  
sveta.orehova2012@yandex.ru

**Svetlana M. Orekhova**

University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Ph.D. (Engineering), Secretary of the Department  
sveta.orehova2012@yandex.ru

**Майя В. Успенская**

Научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой информационных технологий топливно-энергетического комплекса  
mv\_uspenskaya@mail.ru

**Maiya V. Uspenskaya**

University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Doctor of Engineering, Professor,  
Head the Department of ITEC  
mv\_uspenskaya@mail.ru

**Петр П. Плотников**

Научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
Магистрант  
petyaplotnikov@gmail.ru

**Petr P. Plotnikov**

University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Master Student  
petyaplotnikov@gmail.ru

**Александр Л. Ишевский**

Научно-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
Д.т.н., профессор  
ishev.53@mail.ru

**Aleksandr L. Ishevskiy**

University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Doctor of Engineering, Professor  
ishev.53@mail.ru

***Поступила 04.04.2017***

***Received 04.04.2017***