

УДК 664.057

Влияние холодильной обработки на структурные изменения мышечной ткани телятины

Д-р. техн. наук В.С. Колодязная, kvs-holod@mail.ru

Ю.В. Бройко, julijavirshieva@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

В процессе холодильной обработки мяса, включающей охлаждение и замораживание с последующим размораживанием возможно нарушение регулярной структуры мышечных волокон, обусловленной их физиологическим назначением. Этот процесс может сопровождаться разрывом водородных связей и образованием свободных функциональных групп белковых, липидных и углеводных структур. В статье приведены данные по изменению структуры мышечной ткани молочной телятины в цикле «охлаждение–замораживание–размораживание». Объектом исследования выбрана мышечная ткань тазобедренной части молочных телят.

Структурные изменения оценивали по электронным спектрам, полученным методом электронной спектроскопии диффузионного отражения (ЭСДО) в интервале длин волн λ от 200 до 700 нм. Показано, что по интенсивности полос поглощения при $\lambda = 250$ и 295 нм можно охарактеризовать структурные изменения мяса охлажденного свежего, хранившегося и замороженного. Таким образом, по интенсивности полос поглощения при $\lambda = 250$ и 295 нм можно охарактеризовать состояние мяса: охлажденное с низкой микробной обсемененностью (свежее) для продольного среза $I = 1,12$ при $\lambda = 250$ нм и 1,20 при $\lambda = 295$ нм, с высокой микробной обсемененностью (начальные признаки порчи) для продольного среза $I = 0,88$ при $\lambda = 250$ нм и 0,79 при $\lambda = 295$ нм и замороженное для продольного среза $I = 0,82$ при $\lambda = 250$ нм и 0,71 при $\lambda = 295$ нм.

Ключевые слова: молочная телятина, мышечная ткань, структура, спектральный анализ, охлаждение, замораживание, размораживание.

Effect of cold treatment on structural changes of muscle tissue veal

D. Sc. V.S. Kolodyaznaya, kvs-holod@mail.ru

Y.V. Broyko, julijavirshieva@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

In the process of cold meat processing, including cooling and freezing with subsequent thawing possible violation of the regular structure of muscle fibers, due to their physiological function. This process may be accompanied by the rupture of relations and formation of free functional groups of the protein, lipid and carbohydrate structures. The article presents data on the change in patterns of muscle tissue breast of veal in a loop "cooling-freezing-unfreezing". The object of study selected muscle tissue of the hip part of dairy calves. Structural changes were assessed by electron spectra obtained by electron spectroscopy diffusion reflection (ESDO) in the wavelength interval $\lambda = 200$ to 700 nm. It is shown that the intensity of absorption bands at $\lambda = 250$ and 295 nm can be characterized by structural changes of chilled meat, fresh, preserved and frozen.

Thus, the intensity of the absorption band at $\lambda = 250$ and 295 nm can describe the state of meat: chilled low microbial contamination (fresh) for longitudinal cutting $I = 1,12$ with $\lambda = 250$ nm and 1.20 at $\lambda = 295$ nm with high mikroobsemenennostyu (initial signs of damage) for the longitudinal cut $I = 0,88$ at $\lambda = 250$ nm and 0.79 at $\lambda = 295$ nm and frozen for longitudinal cut $I = 0,82$ at $\lambda = 250$ nm and 0.71 at $\lambda = 295$ nm.

Key words: veal, muscle tissue, structure, spectral analysis, cooling, freezing, thawing.

При обосновании технологических параметров холодильной обработки различных видов мяса важное теоретическое и практическое значение имеют структурные изменения мышечной ткани, влияющие, прежде всего, на ее функционально-технологические свойства и, как следствие, на качество мясных продуктов. Нарушение структуры сопровождается разрывом некоторых связей и образованием свободных функциональных групп белковых, липидных и углеводных фракций [1]. Известно, что основными компонентами мышечного волокна являются белковые вещества, поэтому большое значение имеет исследование аминокислотных остатков, состав которых зависит от воздействия внешних факторов, в частности, температуры [2, 3].

Цель работы – исследовать влияние низких положительных и отрицательных температур на изменение структуры мышечной ткани молочной телятины.

Объектом исследования выбрано мясо молочных телят [4], выращенных на территории Ленинградской области (Гатчинский район, пос. Луйсковицы). Для исследования использовали мышечную ткань тазобедренной части [5].

Спектральный анализ проведен методом электронной спектроскопии диффузионного отражения (ЭСДО), с помощью которого исследована поверхность мышечной ткани охлажденной и замороженной телятины в интервале длин волн λ от 200 до 700 нм. ЭСДО – это современный спектральный метод исследования поверхности твердых систем, в том числе пищевых продуктов, основанный на возбуждении электронных переходов, регистрируемых в ультрафиолетовой (УФ), видимой и ближней инфракрасной областях электромагнитного спектра [6, 7].

Электронные спектры получены на спектрофотометре марки «Specord M-200» в Санкт-Петербургском государственном техническом университете (Технологический институт).

Проанализированы образцы мышечных волокон телятины охлажденной, в начале и через 13 суток хранения при $t = (3 \pm 1)^\circ\text{C}$, замороженной телятины при температуре -35°C и после размораживания при температуре 20°C [8, 9]. Получены электронные спектры поглощения поперечного и продольного среза мышечных волокон.

На рис. 1–3 показаны оптические спектры поглощения образцов охлажденной телятины на начальной стадии хранения (3 сут) и через 13 сут хранения; мясо имело общую микробсемененность $1 \cdot 10^3$ и $1 \cdot 10^8$ КОЕ/г соответственно [10].

На рисунках можно выделить четыре четко дифференцированных интервала электромагнитных спектров:

1. $\lambda = 200\text{--}225$ нм
2. $\lambda = 225\text{--}325$ нм
3. $\lambda = 325\text{--}495$ нм
4. $\lambda = 495\text{--}630$ нм

Белки поглощают свет, как правило, при значениях λ менее 300 нм. Хромофоры белковых молекул подразделяются на три основные группы [1, 6, 7, 11]:

– первая полоса поглощения хромофоров пептидной связи находится в интервале 200–230 нм с максимумом при 220 нм;

– вторая полоса – в области 260–280 нм, но она менее интенсивна. Следует отметить, что поглощение боковых остатков аспарагиновой и глутаминовой кислот, аргинина и лизина также находится в этой области, но интенсивность полос мала и зарегистрировать их очень трудно, чаще невозможно;

– хромофоры аминокислотных остатков триптофана ($\lambda = 275$ нм), фенилаланина ($\lambda = 255\text{--}260$ нм) и тирозина ($\lambda = 270$ нм), содержащих ароматические кольца, поглощают в интервале 230–300 нм; в этих же пределах находятся полосы имидозольного кольца гистидина и дисульфидной связи цистина;

– пики поглощения, обусловленные хромофорами простетических групп сложных белков могут находиться как в ультрафиолетовой, так и в видимой областях спектра. Карбоксильные группы

карбоновых кислот поглощают при 205–210 нм, насыщенных альдегидов и кетонов – при 270–300 и 400 нм, ненасыщенных – при 220–260 и 320 нм.

На поперечном срезе охлажденной молочной телятины (рисунок 1) с минимальной общей микробной обсемененностью наблюдаются следующие спектры поглощения: в интервале λ от 205 до 215 нм – узкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 0,9 при $\lambda = 210$ нм; в интервале λ от 215 до 225 нм – небольшой структурированный спектр с максимумом поглощения 0,68 при $\lambda = 220$ нм; в интервале λ от 225 до 275 нм – широкий спектр с максимумом поглощения 0,89 при $\lambda = 250$ нм и плечом при $\lambda = 260$ –265 нм; в интервале λ от 275 до 325 нм – широкий, слабовыраженный размытый спектр с максимумом поглощения 0,84 при $\lambda = 295$ нм и плечом при $\lambda = 285$ –290 нм; в интервале λ от 325 до 495 нм – широкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 1,2 при $\lambda = 415$ нм; широкий, двузубчатый спектр с максимумом поглощения 0,80 и 0,77 при $\lambda = 550$ и 580 нм соответственно в интервале λ от 495 до 630 нм.

На продольном срезе охлажденной молочной телятины (рисунок 1) с минимальной общей микробной обсемененностью наблюдаются следующие спектры поглощения: в интервале λ от 200 до 225 нм – структурированный спектр с максимумом поглощения 0,93 при $\lambda = 215$ нм; в интервале λ от 225 до 275 нм – слабоструктурированный спектр с максимумом поглощения 1,12 при $\lambda = 250$ нм и плечом при $\lambda = 260$ –265 нм; в интервале λ от 275 до 325 нм – двузубчатый спектр с максимумом поглощения 1,2 при $\lambda = 295$ нм и 1,14 при $\lambda = 305$ нм; в интервале λ от 325 до 490 нм – широкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 1,25 при $\lambda = 420$ нм; в интервале λ от 490 до 620 нм – двузубчатый спектр с двумя максимумами поглощения 0,9 и 0,94 при $\lambda = 545$ нм и $\lambda = 580$ нм.

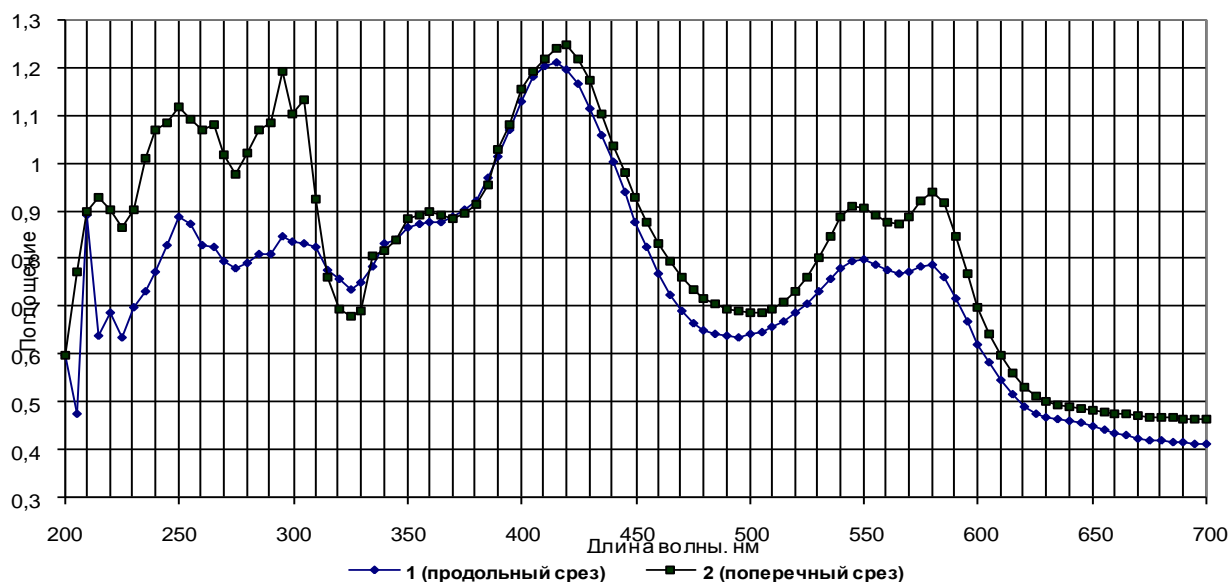


Рисунок 1 – Спектры поглощения поверхности мышечных волокон охлажденной молочной телятины

На поперечном срезе мышечных волокон охлажденной телятины с высокой микробной обсемененностью (рис. 2) наблюдаются следующие оптические спектры поглощения: в интервале λ от 200 до 210 нм – узкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 0,78 при $\lambda = 205$ нм; в интервале λ от 210 до 230 нм – двузубчатый спектр, слабо структурированный с максимумами поглощения 0,75 и 0,71 при $\lambda = 215$ нм и $\lambda = 225$ нм; в интервале λ от 230 до 275 нм – широкий, структурированный спектр с максимумом поглощения 0,88 при $\lambda = 250$ нм; в интервале λ от 270 до 320 нм – широкий, размытый спектр с максимумом поглощения 0,72 при $\lambda = 295$ нм с плечами

при $\lambda = 280\text{--}290$ нм и $\lambda = 300\text{--}305$ нм; в интервале λ от 320 до 490 нм – широкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 1,15 при $\lambda = 415$ нм; в интервале λ от 490 до 630 нм – двузубчатый, широкий спектр с максимумами поглощения 0,72 и 0,74 при $\lambda = 550$ нм и $\lambda = 580$ нм соответственно.

На продольном срезе мышечных волокон охлажденной молочной телятины с высокой микробиальной обсемененностью (рисунок 2) наблюдаются следующие оптические спектры поглощения в различных интервалах волн: в интервале λ от 210 до 220 нм – узкий, слабо структурированный спектр с максимумом поглощения 0,67 при $\lambda = 215$ нм; в интервале λ от 220 до 275 нм – широкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 0,88 при $\lambda = 250$ нм; в интервале λ от 275 до 325 нм – широкий, размытый спектр с максимумом поглощения 0,80 при $\lambda = 295$ нм с плечами при $\lambda = 285\text{--}290$ нм и $\lambda = 300\text{--}305$ нм; в интервале λ от 325 до 490 нм – хорошо структурированный широкий спектр с максимумом поглощения 1,13 при $\lambda = 415$ нм; в интервале λ от 490 до 640 нм – широкий, двузубчатый структурированный спектр с двумя максимумами поглощения 0,80 и 0,82 при $\lambda = 550$ и $\lambda = 580$ нм соответственно.

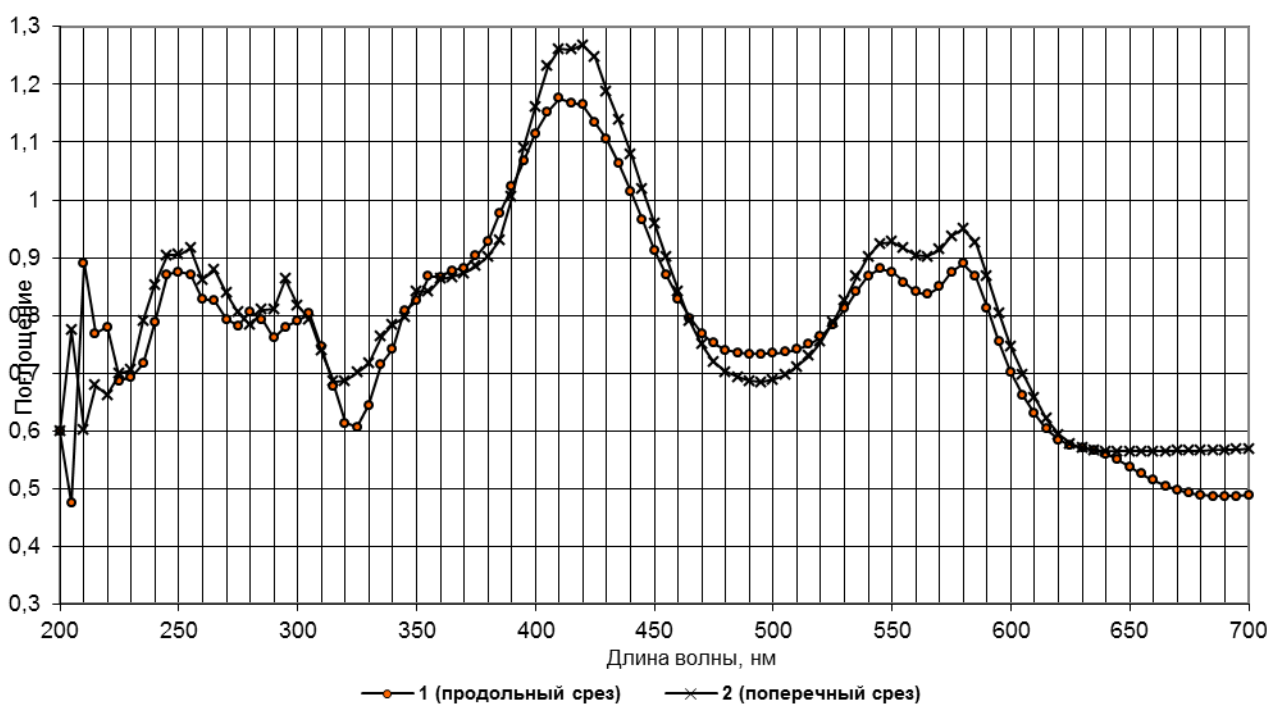


Рисунок 2 – Спектры поглощения поверхности мышечных волокон охлажденной молочной телятины с высокой микробиальной обсемененностью

На поперечном срезе мышечных волокон молочной телятины после размораживания (рисунок 3) наблюдаются в различных интервалах длин волн следующие оптические спектры поглощения: в интервале λ от 205 до 225 нм – узкий, двузубчатый хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 0,9 при $\lambda = 210$ нм; в интервале λ от 225 до 275 нм – широкий, структурированный спектр с максимумом поглощения 0,88 при $\lambda = 255$ нм и плечом при $\lambda = 260\text{--}265$ нм; в интервале λ от 275 до 290 нм – слабо выраженный спектр с максимумом поглощения 0,8 при $\lambda = 280$ нм; в интервале λ от 290 до 325 нм – широкий, структурированный спектр с максимумом поглощения 0,81 при $\lambda = 305$ нм; в интервале λ от 325 до 490 нм – широкий, хорошо структурированный оптический спектр поглощения с максимумом 1,18 при $\lambda = 410$ нм; в интервале λ от 490 до 630 нм – двузубчатый, слабо структурированный широкий спектр с двумя максимумами 0,88 и 0,89 при $\lambda = 545$ и 580 нм соответственно.

На продольном срезе мышечных волокон молочной телятины после размораживания (рисунок 3) в различных интервалах длин волн наблюдаются следующие оптические спектры поглощения: в интервале λ от 200 до 220 нм – узкий, хорошо структурированный двузубчатый спектр с максимумом поглощения 0,78 при $\lambda = 205$ нм и 0,67 при $\lambda = 215$; в интервале λ от 220 до 280 нм – широкий, двузубчатый спектр поглощения с максимумами 0,91 при $\lambda = 255$ нм и 0,87 при $\lambda = 265$ нм с плечом при $\lambda = 245$ –250 нм; в интервале λ от 280 до 315 нм – широкий, слабо структурированный спектр с максимумом поглощения 0,86 при $\lambda = 295$ нм и плечом при $\lambda = 285$ –290 нм; в интервале λ от 315 до 495 нм – широкий, хорошо структурированный спектр с максимумом поглощения 1,28 при $\lambda = 415$ нм; при $\lambda = 550$ и 580 нм соответственно – двузубчатый, широкий, слабоструктурированный спектр с максимумами поглощения 0,92 и 0,96.

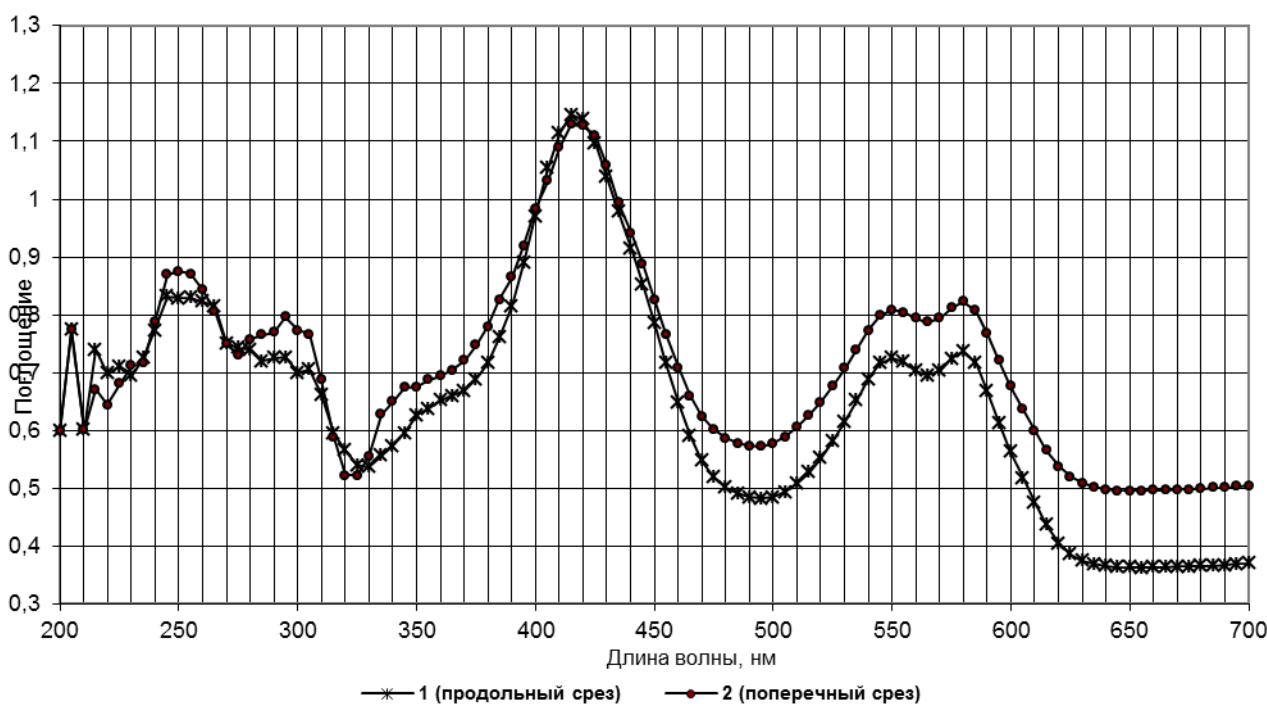


Рис. 3. Спектры поглощения поверхности мышечных волокон замороженной молочной телятины

Для всех образцов мяса сохраняется интенсивная полоса поглощения в интервале λ от 325 до 495 нм с максимумами поглощения при $\lambda = 420$ нм 1,20÷1,25 (охлажденное мясо, 3 суток хранения); 1,12÷1,13 (охлажденное, 13 суток хранения) и 1,18÷1,28 (замороженное мясо).

В интервале $\lambda = 400$ –500 нм поглощают наиболее лабильные компоненты сложных белков – мукополисахариды, устойчивые к процессам окисления [1].

Уменьшение интенсивности полосы поглощения образцов мяса с высокой микробсемененностью можно предположительно истолковать как гидролиз мукополисахаридов, в результате которого количество их снижается.

Для всех образцов мяса в видимой области на кривых светопоглощения четко просматривается дуплет пигментного белка миоглобина (540/580 нм). Причем замораживание не оказывает влияния на степень окисляемости миоглобина и оксимиоглобина. Максимумы поглощения при $\lambda=540$ и 580 нм для охлажденного мяса составляет 0,91 и 0,93; для замороженного – 0,92 и 0,94 соответственно.

По мере хранения охлажденного мяса, микробсемененность которого достигает 1×10^8 КОЕ/г, интенсивность поглощения уменьшается и через 13 суток хранения составляет 0,80 и 0,82, что свидетельствует об окислении миоглобина и уменьшении его количества.

Как следует из рисунков 1–3 интенсивность полос поглощения для поперечного среза охлажденного мяса с различной микробсемененностью и замороженного существенно отличается в интервале λ от 200 до 325 нм. В замороженном мясе интенсивность полос поглощения при $\lambda = 250$ нм уменьшается в 1,22 раза; при $\lambda = 295$ нм – в 1,50 раза относительно интенсивности полос поглощения охлажденного мяса с низкой микробиальной обсемененностью.

При сравнительном анализе интенсивности полос поглощения поверхностью охлажденного мяса с низкой и высокой микробиальной обсемененностью также видны различия при $\lambda = 245$ –255 нм и $\lambda = 290$ –305 нм. Интенсивность поглощения при $\lambda = 250$ нм и $\lambda = 295$ нм уменьшается в образцах мяса с высокой микробиальной обсемененностью в 1,25 и 1,52 раза соответственно относительно образцов мяса с низкой микробиальной обсемененностью.

Таким образом, по интенсивности полос поглощения при $\lambda = 250$ и 295 нм можно охарактеризовать состояние мяса: охлажденное с низкой микробиальной обсемененностью (свежее) для продольного среза $I = 1,12$ при $\lambda = 250$ нм и 1,20 при $\lambda = 295$ нм, с высокой микробсемененностью (начальные признаки порчи) для продольного среза $I = 0,88$ при $\lambda = 250$ нм и 0,79 при $\lambda = 295$ нм и замороженное для продольного среза $I = 0,82$ при $\lambda = 250$ нм и 0,71 при $\lambda = 295$ нм.

Литература

1. *Нечаев А.П., Траунберг С.Е., Кочеткова А.А.* и др. Пищевая химия. СПб.: Гиорд, 2007. 640 с.
2. *Бройко Ю.В., Колодязная В.С., Бараненко Д.А.* Биологическая ценность белков молочной телятины // *Процессы и аппараты пищевых производств*. 2011. № 1.
3. *Бройко Ю.В., Колодязная В.С., Бараненко Д.А.* Effect of cold treatment on the amino acid composition of veal. *Agronomy Research*. 2014, V. 12, iss. 3, pp. 705–716. - URL: http://agronomy.emu.ee/vol123/2014_3_2_b5.pdf.
4. *Гордынец С.А.* Мясо телят – сырье для производства продуктов детского питания // *Мясная индустрия*. 2004. № 7. С. 23-25.
5. *Ишевский А.Л., Marin Iniesta F.* Перспективы и риски агропромышленного комплекса Российской Федерации в условиях закона убывающей эффективности // *Вестник Международной академии холода*. 2014. № 3.
6. *Кириллов В.В., Нечипоренко А.П.* Современные спектральные методы анализа, используемые в пищевой промышленности: учебн. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ. 2006. 99 с.
7. *Кириллов В.В., Нечипоренко А.П., Орлов Ю.Ф.* Практикум по физико-химическим методам анализа. Часть 2. Спектральные, хроматографические, люминесцентные и кинетические методы анализа (Гриф УМО). СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 207 с.
8. *Бараненко Д. А., Бройко Ю.В.* Исследование качества телятины при хранении в охлажденном состоянии // *Сборник статей международной научно-практической конференции «Олимпиада 2014: технологические и экологические аспекты производства продуктов здорового питания»*. Краснодар: КНИИХП, КубГТУ, 2009. С. 48-49.
9. *Бройко Ю.В., Колодязная В.С., Бараненко Д.А.* Влияние режимов холодильной обработки на показатели качества телятины // *Сборник докладов международной научно-технической конференции*. СПб.: СПбГУНиПТ, 2009.
10. *Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность / под ред. Позняковский В.М.* Новосибирск: Сиб. унив., 2005. 526 с.
11. *Орехова С.М., Нечипоренко У.Ю., Васильева И.В.* Исследование нативной мышечной ткани животного происхождения методом ЭСДО // *Материалы XV Всероссийской конференции «Фундаментальные исследования и инновации в национальных исследовательских университетах»*. Т.2. СПб.: Политехн. ун-т, 2010. С. 340-341.

References

1. *Nechaev A.P., Traunberg S.E., Kochetkov A.A.* Food Chemistry. SPb, Giord, 2007, 640 p.
2. *Broyko Y.V., Kolodyaznaya V.S., Baranenko D.A.* The biological value proteins veal // *Processes and devices of food manufactures*. 2011. № 1.

3. Broyko Y.V., Kolodyaznaya V.S., Baranenko D.A. Effect of cold treatment on the amino acid composition of veal. *Agronomy Research*. 2014, V. 12, iss. 3, p. 705-716. URL: http://agronomy.emu.ee/vol123/2014_3_2_b5.pdf.
4. Gordynets S.A. Meat calves - raw materials for the production of baby foods. *Meat industriya*. 2004. № 7, pp. 23-25.
5. Ishevskii A.L., Marin Iniesta F. Perspektivy i riski agropromyshlennogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii v usloviyakh zakona ubyvayushchei effektivnosti. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. № 3.
6. Kirillov V.V., Nechiporenko A.P. Modern spectral analysis methods used in the food industry. Training. allowance. SPb: SPbGUNiPT. 2006, p.99.
7. Kirillov V.V., Nechiporenko A.P., Orlov Y. Workshop on physical and chemical methods of analysis. Part 2. The spectral, chromatographic, luminescent and kinetic methods of analysis (Grif UMO). SPb, SPbGUNiPT, 2010, 207 p.
8. Baranenko D.A, Broyko Y.V. Research of quality beef in storage in a refrigerated state. Collection of articles of the international scientific-practical conference "Olympics 2014: technological and environmental aspects of the production of healthy food". Krasnodar KNIHP, KubGTU, 2009, pp. 48-49.
9. Broyko Y.V., Kolodyaznaya V.S., Baranenko D.A. Effect of cold treatment on quality veal. Proceedings of the international scientific conference. SPb, SPbGUNiPT, 2009.
10. Examination of meat and meat products. Quality and safety. In ed. V.M. Poznyakovsky. Novosibirsk: Sib. Univ. Publishing House, 2005, 526 p.
11. Orehova S.M., Nechiporenko U.Y., Vasilieva I.V. The study of native animal muscle tissue by ESDR. Proceedings of XV Russian conference "Fundamental research and innovation in national research universities". V.2. SPb, Publishing House of the Polytechnic. University Press, 2010, pp. 340-341.

Статья поступила в редакцию 01.07.2015 г.