

УДК 637.5.037

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
ОБРАБОТКИ НИЗКОЧАСТОТНЫМ
ИЗЛУЧЕНИЕМ НА МЯСНОЕ СЫРЬЕ**

Нестеренко Антон Алексеевич

Решетняк Александр Иванович
к.т.н. доцент

Горина Елена Геннадьевна
студентка факультета перерабатывающих
технологий
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

В работе представлены результаты исследований воздействия низкочастотного электромагнитного воздействия на мышечную ткань свинины и говядины. Приведены снимки, обоснование и сравнение полученного результата

Ключевые слова: ГИСТОЛОГИЯ, МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, СТРУКТУРА ТКАНИ, ВОЛОКНА, ЯДРА

UDC 637.5.037

**INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC
PROCESSING WITH LOW-FREQUENCY
RADIATION ON MEAT FEEDSTOCK**

Nesterenko Anton Alexeevich

Reshetnyak Alexander Ivanovich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Gorina Elena Gennadyevna
student of the Faculty of processing technologies
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

There were presented the results of researches of influence of low-frequency electromagnetic influence on muscular tissue of pork or meat in this work. There were cited photos, substantiation and comparison of the obtained result

Keywords: HISTOLOGY, MUSCULAR TISSUE, ELECTROMAGNETIC INFLUENCE, STRUCTURE OF TISSUE, FIBERS, NUCLEI

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что сегодня одним из перспективных направлений интенсификации технологического процесса производства сырокопченых колбас является применение электромагнитного поля низких частот (ЭМП НЧ) [1-3]. Однако применение ЭМП НЧ связано с необходимостью изучения выбора оптимальных частот, безопасности для человека, применения ЭМП НЧ на производстве, изучению действия ЭМП НЧ на стартовые культуры и мясное сырье [4, 5].

Целью данной работы является гистологическое изучение влияния низкочастотной обработки на мышечную ткань свинины и говядины.

Методы и материалы. При исследовании использовалась говядина высшего сорта и свинина полужирная. Для гистологического исследования мясо фиксировали в 10 % нейтральном водном растворе формалина в течение 24 часов. Промывали в проточной холодной воде 12 часов и заключали в желатин в соответствии с общепринятой методикой.

Материал резали на микротом-криостате «MIKROM – HM 525» (Germany) при -20°C Получая срезы толщиной 10-15 мкм. Срезы колбасы получали при температуре в камере криостата -28°C [6].

Срезы окрашивали гематоксилином Эрлиха и докрашивали 1%-ым свежее приготовленным водно-спиртовым эозином; заключали под покровные стекла в глицерин-желатин, предварительно растапливая его на водяной бане.

Изучение микроструктуры образцов на гистологических препаратах и их фотографирование на цифровую фототехнику проводили на световом микроскопе «AXIOIMAGER.A1» (Carl Zeiss, Германия) с подключенной системой анализа изображения «AXIOVISION» с использованием соответствующей морфологической компьютерной программы при увеличениях объективов от $\times 2$ до $\times 63$ [6].

Подготовка мясного сырья для обработки ЭМП заключалась в следующем: говядину жилованную высшего сорта и свинину жилованную полужирную в кусках массой до 300 грамм укладывали в тачки, при этом толщина слоя составляла 30 см. Уложенное в тачки сырье обрабатывали электромагнитным воздействием в течение 30 минут частотой 100 и 30 Гц. После обработки сравнивали полученный результат при помощи микроструктурного анализа [6].

Результаты исследования.

При исследовании длиннейшей мышцы спины свинины были получены следующие данные.

При гистологическом исследовании свинины без обработки ЭМП НЧ, были получены следующие данные (рис. 1).

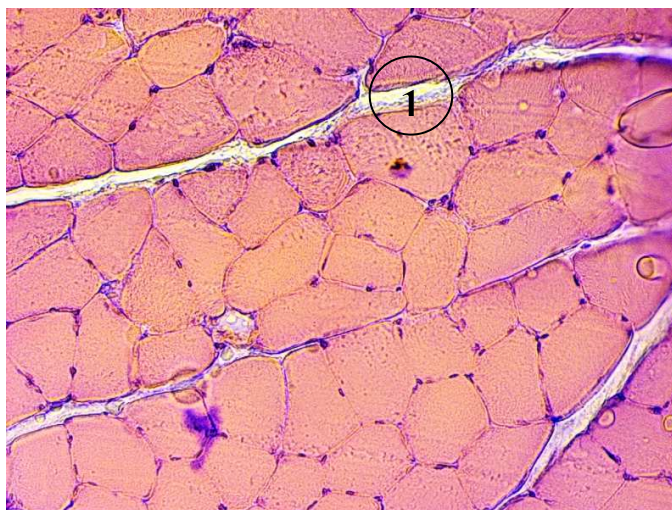


Рисунок 1 – Поперечный срез мышечной ткани свинины охлажденной.
Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 200$. (1 – перемизий).

Мышечные волокна длиннейшей мышцы спины находятся в стадии, после посмертного окоченения. Основная часть мышечных волокон вытянута и имеет линейную форму. Меньшее количество волокон имеет извитую, слабо волнистую форму, что согласуется с данными источников [7]. Поперечная исчерченность в мышечных волокнах хорошо выражена, в отдельных участках ослаблена в результате проявления зонального посмертного сокращения мышц. Ядра хорошо окрашены с четко выявляемым хроматином, овальной формы, расположены по всему объему саркоплазмы мышечного волокна. Соединительнотканые прослойки волнистые, с отчетливо дифференцируемыми клеточными элементами эндомизия, что согласуется с данными авторов С.И. Хвыля, В.А. Пчелкина, Т.М. Гиро [6].

На продольных срезах в мышечных волокнах выявляется отчетливая поперечная исчерченность, хотя в некоторых участках она сменяется продольной (рис. 2). Ядра клеток овальные, с четко выделяющимся хроматином располагаются непосредственно под сарколеммой. Автолитические изменения в мышечной ткани практически не выражены, поперечно-щелевидные нарушения целостности мышечных волокон,

характерные для развитого автолиза, отсутствуют, такие изменения были описаны в работах Нестеренко А.А. [8-10].

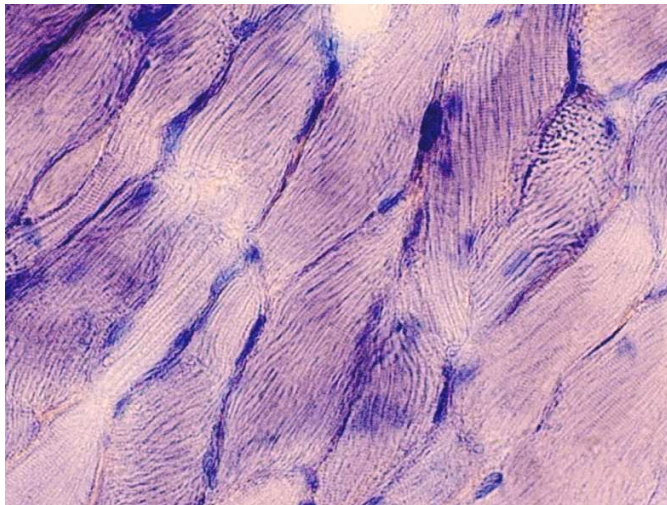


Рисунок 2 – Продольный срез мышечной ткани свинины.

Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 400$.

Между пучками мышечных волокон выявляются нервные проводники (рис. 3) и кровеносные сосуды артериального и венозного типов.

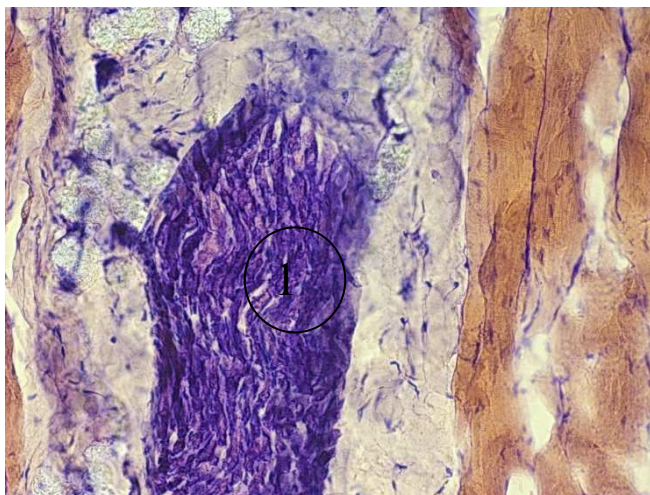


Рисунок 3 – Нервный ствол в перимизии мышечной ткани свинины охлажденной. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 200$.

(1 – нервный ствол)

При исследовании говядины без обработки ЭМП НЧ были получены следующие данные (рис. 4).

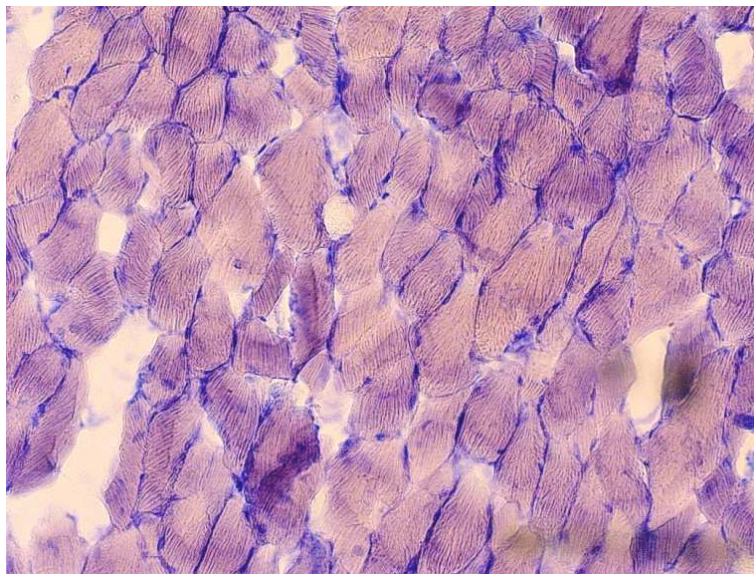


Рисунок 4 – Поперечный срез мяса говядины. Окр. гематоксилин-эозин.
УВ. $\times 200$.

Мышечные волокна находятся в различном функционально-морфологическом состоянии. Основная их часть характеризуется широко амплитудной волнистостью, остальные имеют спрямленную форму. В большинстве мышечных волокон поперечная исчерченность умеренно выражена. Местами выявляются волокна с сильной извилистостью. Ядра хорошо прокрашиваются и характеризуются отчетливым хроматином. Располагаются ядра в значительно большем количестве массе вблизи сарколеммы. Соединительнотканые прослойки волнистые, плотно прилегают к пучкам мышечных волокон, более развитые по сравнению с грудными мышцами, что соответствует описанию авторов С.И. Хвыля, В.А. Пчелкина [6].

Основная часть мышечных волокон вытянута и имеет линейную форму. Меньшее количество волокон имеет извитую, слабо волнистую форму. Поперечная исчерченность в мышечных волокнах хорошо выражена, в отдельных зонах менее выражена в результате проявления

зонального посмертного сокращения мышц. На поперечном срезе форма мышечных волокон полигональная (рис. 5, 6).



Рисунок 5 – Продольный срез мышечной ткани говядины охлажденной.

Окр. гематоксилин-эозин. УВ. ×400.

(1 – поперечная исчерченость)

Ядра клеток мышечной ткани хорошо окрашиваются с четко выявляемым хроматином, овальной формы, расположены по периферии мышечного волокна. Соединительнотканые прослойки волнистые, с отчетливо дифференцируемыми клеточными элементами эндомизия и умеренно развитым аморфным веществом.

Коллагеновых и эластиновых волокон в данной мышце в составе эндомизия умеренное количество. Более мощные слои коллагеновых волокон встречаются только в эпимизии. В составе перимизия встречаются клетки внутримышечного жира и кровеносные сосуды (капилляры, артерии и вены) различного диаметра (рис. 6).

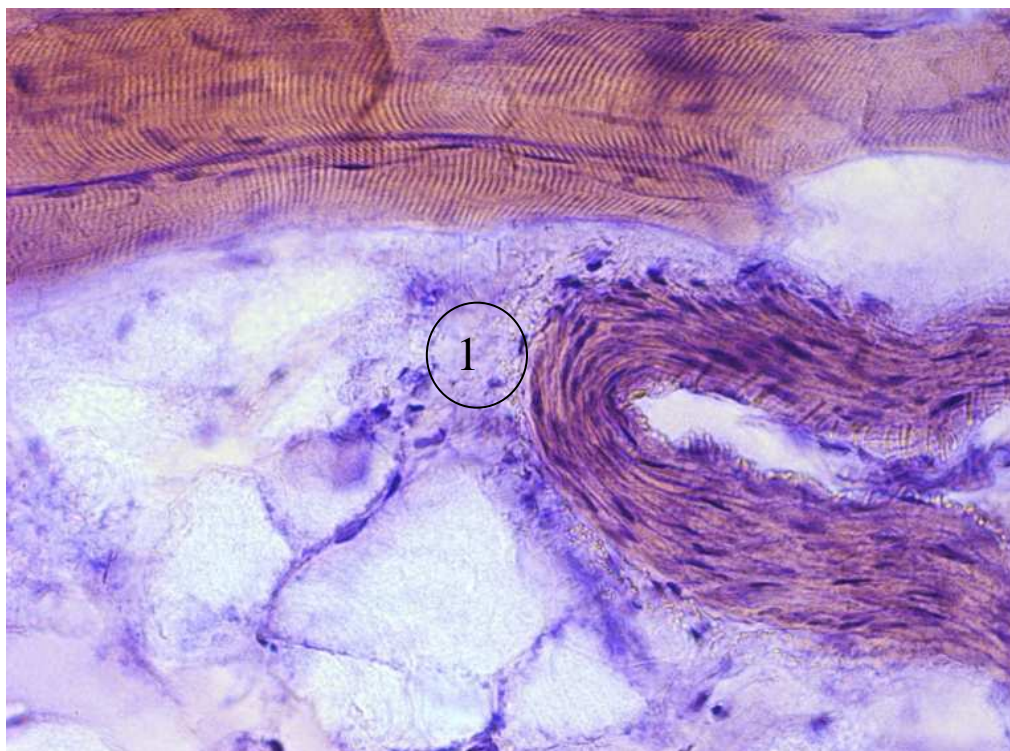


Рисунок 6 – Жировая ткань и кровеносный сосуд в перимизии.

Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 400$. (1 – жировая ткань)

При действии ЭМП НЧ с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут мышечная ткань свинины характеризуется содержанием многочисленных, несколько больших в области межпучковых пространств и перимизия, светлыми пространствами, и ассоциированием с соединительнотканскими структурами мышечного каркаса. Между мышечными волокнами располагается незначительно развитый соединительнотканый каркас мышц. Отмечается существенно более развитые процессы деструктивных изменений, сопровождающиеся повреждениями сарколеммы и фрагментацией мышечных волокон. Небольшая часть мышечных волокон характеризуется значительными поперечно-щелевидными нарушениями целостности и разрывами. Наряду с первичными пучками с рыхлым расположением волокон встречаются уплотненные пучки мышечных волокон [11, 12]. Степень деформации самих мышечных волокон ограниченная (рис. 7).

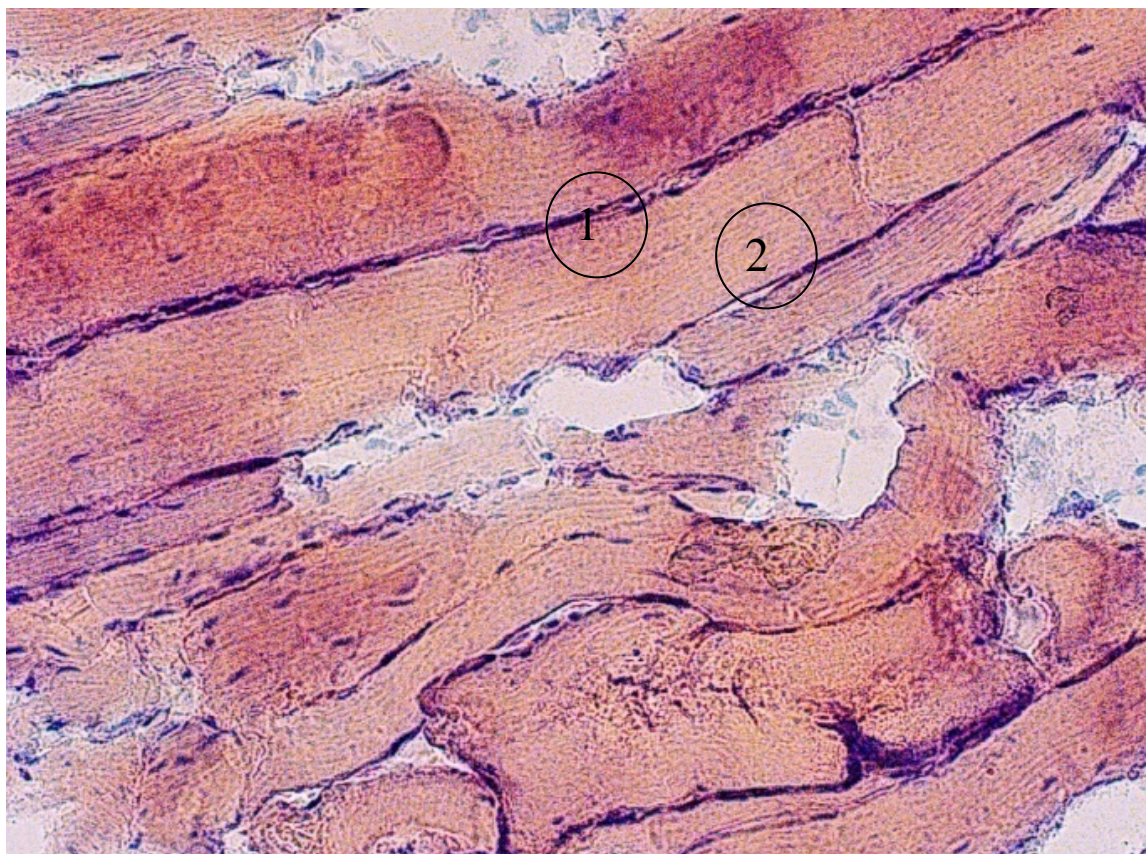


Рисунок 7 – Продольный срез мышечных волокон свинины охлажденной. Поперечные трещины и фрагментация. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 200$. (1 – разрывы эпимизия; 2 – фрагментация мышечных волокон)

Мышечные волокна достаточно часто разобщаются за счет появления вокруг них светлого не окрашиваемого гематоксилином и эозином пространства или же тесно сближены между собой. Между мышечными волокнами, преимущественно в областях перимизия, встречаются небольшие группы жировых клеток, имеющие различные размеры. Мышечные волокна характеризуются умеренной извитостью с выраженными проявлениями процессов созревания и автолиза, выражающихся в многочисленных поперечно-щелевидных нарушениях целостности и разрывах [13]. При этом ядра хорошо окрашиваются, в некоторых случаях локализованы в не типичных для мышечной ткани местах (Рис. 8).

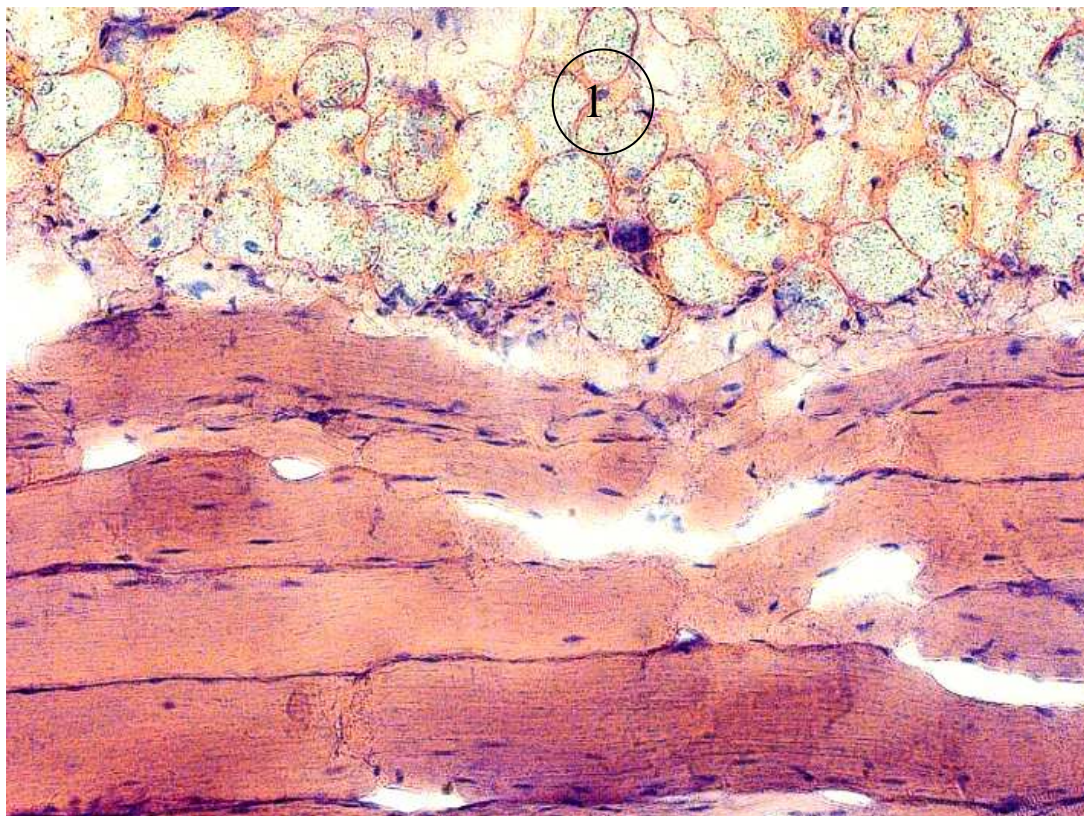


Рисунок 8 – Продольный срез. Мясо свинина охлажденная.

Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 400$. (1 – жировая ткань)

При анализе на уровне световой микроскопии говядины охлажденной после электромагнитной обработки с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут установлено следующее: на продольных срезах в мышечных волокнах выявляется неотчетливая поперечная исчерченность, а в некоторых участках она сменяется на продольную. На фоне преобладающей линейной формы мышечных волокон можно обнаружить умеренно волнистые волокна или же их фрагменты. Сарколемма не сохраняет свою непрерывность на большом протяжении мышечных волокон, разрывы и деструкция мышечных волокон обнаруживаются достаточно часто. На поперечных срезах форма мышечных волокон полигональная, с ограниченной округленностью или же округлая (рис. 9).

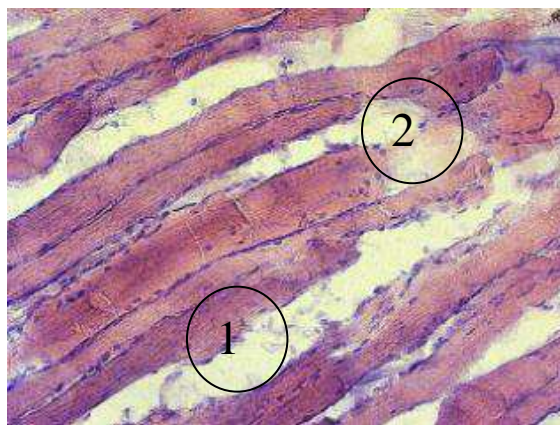


Рисунок 9 – Продольный срез мышечных волокон говядины. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 200$. (1 – разрыхленные миофибриллярные пучки; 2– фрагментация мышечных волокон)

Компоновка отдельных волокон в первичном пучке довольно рыхлая, с заметным светлым пространством в области эндомизия. Не всегда хорошо различима граница между отдельными мышечными волокнами. Ядра клеток соединительной ткани и мышечных волокон в большинстве случаев овальные, с нечетко выделяющимся хроматином, располагаются непосредственно под сарколеммой. Деструктивные изменения в мышечной ткани в результате электромагнитного воздействия выражены достаточно значительно (рис. 10).



Рисунок 10 – Продольный срез фрагментированных мышечных волокон. Мышечные волокна говядины. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. $\times 200$.

Установлено, что при обработке ЭМП НЧ говядины и свинины с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут мышечная ткань характеризуется существенными структурными изменениями, выраженными частичным или полным разрушением мышечных волокон. При этом значение рН обоих образцов мышечной ткани смещается в кислую сторону, уменьшается влагосвязывающая способность, изменяется масса испытуемых образцов и снижается микробиологическая обсемененность сырья [14, 15].

Выводы.

При обработке ЭМП с частотой 100 Гц приводит к более значительным изменениям мышечной структуры. По нашему предположению данные изменения происходят за счет достижения резонанса внутренней частоты клетки и внешнего воздействия на нее. Нарушения целостности клеточной структуры могут привести к изменению рН ткани и изменению белкового состава ткани.

Список литературы

1. Nesterenko, A. A Activation of starter cultures induced by electromagnetic treatment / A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences. – 2012. – Vol.1, № 3. – P. 45-48.
2. Нестеренко, А.А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас / А.А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, Мичуринск, 2013. – №2. – С. 75-80.
3. Нестеренко, А.А. Технология ферментированных колбас с использованием электромагнитного воздействия на мясное сырье и стартовые культуры / А.А. Нестеренко // Научный журнал «Новые технологии», Майкоп: МГТУ, 2013. – №1. – С. 36-39.
4. Нестеренко, А.А. Электромагнитная обработка мясного сырья в технологии производства сырокопченой колбасы / А.А. Нестеренко // Научный журнал «Наука Кубани», Краснодар: Министерства образования и науки Краснодарского края, 2013. – № 1. – С. 41-44.
5. Патиева, А.М. Обоснование использования мясного сырья свиней датской селекции для повышения пищевой и биологической ценности мясных изделий / А.М. Патиева, С.В. Патиева, В.А. Величко, А.А. Нестеренко // Труды Кубанского

государственного аграрного университета, Краснодар: КубГАУ, 2012. – Т. 1. – № 35 – С. 392-405.

6. Хвыля, С.И. Перспективные направления в биологической и морфологической оценке сырья и мясной продукции / С.И. Хвыля // Все о мясе, Юбилейный номер, 2005, № 4, с. 35-36.

7. Timoshenko, N.V. Significance of electromagnetic treatment in production technology of cold smoked sausage / N.V. Timoshenko, A.A. Nesterenko, A.I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences 2013. – vol.2, No.2. – С 248-252.

8. Нестеренко, А. А. Инновационные методы обработки мясной продукции электромагнитно-импульсным воздействием / А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск, 2011. – № 1. – С. 148-151.

9. Бибко, Д.А. Применение инновационных энергосберегающих технологий / Д.А. Бибко, А.И. Решетняк, А.А. Нестеренко. – Германия: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 237 с.

10. Нестеренко, А.А. Посол мяса и мясопродуктов / А.А. Нестеренко, А.С. Каяцкая // Вестник НГИЭИ. 2012. – №8. – С. 46-54

11. Пат. 2489025 РФ МПК А23В 4/01. Способ обработки мясного сырья / Решетняк, А. И., Бибко, Д. А., Нестеренко, А. А., Бессалая, И. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2011151958/13; заявл. 19.12.2011., опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22. – 6 с.

12. Пат. 2489886 РФ МПК А23В 4/01. Устройство для обработки мясного сырья / Решетняк, А. И., Бибко, Д. А., Нестеренко, А. А., Бессалая, И. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2011151957/13; заявл. 19.12.2011., опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. – 6 с.

13. Нестеренко, А.А., Действие низкочастотной обработки на мышечную ткань животных / А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2013. – № 6 (25). – С. 84-90.

14. Нестеренко, А. А., Использование электромагнитной обработки в технологии производства сырокопченых колбас / А. А. Нестеренко, А. В. Пономаренко // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2013. № 6 (25). С. 74-83.

15. Нестеренко, А.А. Электромагнитная обработка мясного сырья как новый способ интенсификации технологических процессов / А. А. Нестеренко, Т. И. Сергиенко, А. И. Решетняк, // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института, 2011. – № 2. – 143-151.

References

1. Nesterenko, A. A. Activation of starter cultures induced by electromagnetic treatment / A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences. – 2012. – Vol.1, № 3. – R. 45-48.

2. Nesterenko, A.A. Vlijanie jelektrornagnitnogo polja na razvitie startovyh kul'tur v tehnologii proizvodstva syrokopchenyh kolbas / A.A. Nesterenko // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Michurinsk, 2013. – №2. – S. 75-80.

3. Nesterenko, A.A. Tehnologija fermentirovannyh kolbas s ispol'zovaniem jelektrornagnitnogo vozdejstvija na mjasnoe syr'e i startovye kul'tury / A.A. Nesterenko // Nauchnyj zhurnal «Novye tehnologii», Majkop: MGTU, 2013. – №1. – S. 36-39.

4. Nesterenko, A.A. Jelektromagnitnaja obrabotka mjasnogo syr'ja v tehnologii proizvodstva syropochenoj kolbasy / A.A. Nesterenko // Nauchnyj zhurnal «Nauka Kubani», Krasnodar: Ministerstva obrazovaniya i nauki Krasnodarskogo kraja, 2013. – № 1. – S. 41-44.
5. Patieva, A.M. Obosnovanie ispol'zovaniya mjasnogo syr'ja svinej datskoj selekcii dlja povysheniya pishhevoj i biologicheskoj cennosti mjasnyh izdelij / A.M. Patieva, S.V. Patieva, V.A. Velichko, A.A. Nesterenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Krasnodar: KubGAU, 2012. – T. 1. – № 35 – S. 392-405.
6. Hvylyja, S.I. Perspektivnye napravleniya v biologicheskoj i morfologicheskoj ocenke syr'ja i mjasnoj produkcii / S.I. Hvylyja // Vse o mjase, Jubilejnyj nomer, 2005, № 4, s. 35-36.
7. Timoshenko, N.V. Significance of electromagnetic treatment in production technology of cold smoked sausage / N.V. Timoshenko, A.A. Nesterenko, A.I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences 2013. – vo2, No.2. – S 248-252.
8. Nesterenko, A. A. Innovacionnye metody obrabotki mjasnoj produkcii jelektromagnitno-impul'snym vozdejstviem / A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnjak // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Michurinsk, 2011. – № 1. – S. 148-151.
9. Bebko, D.A. Primenenie innovacionnyh jenergosberegajushhih tehnologij / D.A. Bebko, A.I. Reshetnjak, A.A. Nesterenko. – Germanija: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 237 s.
10. Nesterenko, A.A. Posol mjasa i mjasoproduktov / A.A. Nesterenko, A.S. Kajackaja // Vestnik NGIJeI. 2012. – №8. – S. 46-54
11. Pat. 2489025 RF MPK A23V 4/01. Sposob obrabotki mjasnogo syr'ja / Reshetnjak, A. I., Bebko, D. A., Nesterenko, A. A., Bessalaja, I. I.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». – № 2011151958/13; zajavl. 19.12.2011., opubl. 10.08.2013, Bjul. № 22. – 6 s.
12. Pat. 2489886 RF MPK A23V 4/01. Ustrojstvo dlja obrabotki mjasnogo syr'ja / Reshetnjak, A. I., Bebko, D. A., Nesterenko, A. A., Bessalaja, I. I.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». – № 2011151957/13; zajavl. 19.12.2011., opubl. 20.08.2013, Bjul. № 23. – 6 s.
13. Nesterenko, A.A., Dejstvie nizkochastotnoj obrabotki na myshechnuju tkan' zhivotnyh / A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnjak // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-jekonomicheskogo instituta. 2013. – № 6 (25). – S. 84-90.
14. Nesterenko, A. A., Ispol'zovanie jelektromagnitnoj obrabotki v tehnologii proizvodstva syropochenyh kolbas / A. A. Nesterenko, A. V. Ponomarenko // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-jekonomicheskogo instituta. 2013. № 6 (25). S. 74-83.
15. Nesterenko, A.A. Jelektromagnitnaja obrabotka mjasnogo syr'ja kak novyj sposob intensivizacii tehnologicheskikh processov / A. A. Nesterenko, T. I. Sergienko, A. I. Reshetnjak, // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-jekonomicheskogo instituta, 2011. – № 2. – 143-151.