

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА КАЧЕСТВО МОЛОКА И МЕЧНИКОВСКОЙ ПРОСТОКВАШИ

Г.В. РОДИОНОВ, С.Л. БЕЛОПУХОВ, О.Г. ХОРУЖЕВА, С.Д. БАДУАНОВА, Е.В. ПРОНИНА

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Качество молока и молочных продуктов во многом зависит от технологии производства и профилактических мероприятий. Поэтому одним из приоритетных направлений молочного скотоводства является производство молока, соответствующего санитарно-гигиеническим нормам и требованиям перерабатывающих предприятий.*

*В современных промышленных технологиях значительную роль приобретают нетрадиционные способы обработки молока – такие, как ИК-излучения, ультразвуковая, микроволновая, ультрафиолетовая обработка и др. Они направлены на увеличение сроков хранения продуктов, улучшение вкусовых качеств и уменьшение удельных энергозатрат. Одним из перспективных методов является комплексная обработка молока электромагнитным излучением и электрохимически активированной водой.*

*Целью проведенных исследований является улучшение качества молочной продукции за счет избирательного подавления развития нежелательных микроорганизмов.*

*Авторами теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения комплексной обработки молока электромагнитным излучением и электрохимически активированной водой в технологии производства кисломолочных продуктов с целью улучшения их потребительских свойств.*

**Ключевые слова:** генератор электромагнитных импульсов, электрокондиционер воды, электромагнитное излучение, электрохимически активированная вода, режимы обработки молока, микроорганизмы, молочные продукты.

Повышение конкурентоспособности отечественной продукции скотоводства, улучшение ее качественных показателей являются актуальным направлением в деятельности сельхозтоваропроизводителей. Важной задачей является создание отечественного оборудования для эффективной бактерицидной обработки молока при максимальном сохранении в нем биологически ценных веществ и его органолептических качеств [1].

К альтернативным методам обработки молока относятся ИК-излучение, ультразвуковая, микроволновая и ультрафиолетовая обработка и др. [2, 3]. Одним из перспективных и менее изученных направлений является использование для этих целей электромагнитного излучения и электрохимически активированной воды.

На кафедре молочного и мясного скотоводства разработаны способ и устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах с использованием электромагнитного излучения [4-7]. Исследования показали, что электромагнитное излучение не оказывает воздействия на консистенцию, вкус, запах и цвет молока-сырья, а также на его физико-химические показатели. В то же время при воздействии электромагнитного

излучения на молоко отмечено снижение его общей бактериальной обсемененности. Различные параметры электромагнитного излучения (длительность импульса и паузы, напряжение импульсов, продолжительность воздействия) влияли на характер и силу воздействия на различные микроорганизмы молока. Наиболее сильное влияние на микробиологические показатели молока было установлено при воздействии электромагнитного излучения при параметрах электрического тока с длительностью импульса 19,82 мс, длительностью паузы 19,64 мс, при напряжении импульсов 22 В и времени воздействия 20 мин.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Обработка молока электромагнитным излучением с указанными выше параметрами электрического тока оказала влияние на внешний вид и консистенцию приготовленного из него творога. Творог, выработанный из необработанного молока, имел мягкую мажущуюся консистенцию с наличием ощутимых частиц молочного белка, с небольшим количеством отделившейся сыворотки, а опытный образец имел мягкую рассыпчатую консистенцию без ощутимых частиц молочного белка, без отделения сыворотки. Контрольный образец имел также повышенную кислотность – 212,2°Т, что почти на 18% больше по сравнению с опытным образцом [11].

Образец творога, приготовленный из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, имел на  $2 \times 10^6$  КОЕ/г большее количество молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Количество дрожжей и плесени в образце после электромагнитного излучения сократилось по сравнению с контрольной пробой на  $0,3 \times 10^1$  и  $0,2 \times 10^1$  КОЕ/г соответственно. Творога, выработанного из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, было получено на 18% больше по сравнению с контрольным образцом.

Органолептические показатели йогурта, изготовленного из обработанного электромагнитным излучением молока, отличались по внешнему виду и консистенции. Контрольный образец имел однородную, с частично нарушенным сгустком консистенцию с небольшим количеством отделившейся сыворотки, а опытный образец – однородную, с ненарушенным сгустком консистенцию без отделения сыворотки. Существенное различие получено по кислотности. Кислотность опытного образца была на 20% меньше контрольного.

В опытном образце йогурта содержалось на  $5 \times 10^6$  КОЕ/г больше молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Бактерий группы кишечных палочек не было обнаружено в обоих образцах. Количество дрожжей и плесени в образце после электромагнитного излучения сократилось по сравнению с контрольной пробой на  $0,3 \times 10^1$  КОЕ/г соответственно.

Обработка молока электромагнитным излучением повлияла на органолептические показатели приготовленного из него ацидофилина. Опытные образцы имели чистый кисломолочный вкус и запах, без посторонних привкусов и запахов, цвет молочно-белый, равномерный по всей массе, в то время как контрольный образец имел острый дрожжевой привкус. Существенное различие получено по кислотности, контрольный образец имел повышенную кислотность 125°Т, что почти на 32% больше по сравнению с опытным образцом.

Образцы ацидофилина, изготовленного из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, имели на  $7 \times 10^6$  КОЕ/г больше молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Количество дрожжей

и плесени в образце после электромагнитного излучения сократилось по сравнению с контрольной пробой на  $0,5 \times 10^1$  и  $0,3 \times 10^1$  КОЕ/г соответственно.

Микробиологические исследования кисломолочных продуктов показали, что продукты, произведенные из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, имели незначительно большее количество молочнокислых микроорганизмов, содержащихся во вносимых заквасках, по сравнению с контрольными образцами. В то же время большее количество молочной кислоты и, как следствие, повышенная титруемая кислотность в контрольных образцах, очевидно, были обусловлены лучшим развитием молочнокислых бактерий, так как известно, что наряду с бактериями, вносимыми с заквасками, при производстве молочнокислых продуктов развиваются также микроорганизмы пастеризованного молока. Наибольшее значение для качества продукта имеет развитие термоустойчивых молочнокислых палочек. В исходном молоке их количество сравнительно небольшое, и они почти не проявляют себя как кислотообразователи. В дальнейшем количество их может достигать значительной величины (до 1 млн и даже 1 млрд в 1 мл). В результате кислотность нарастает значительно интенсивнее, чем при развитии только молочнокислых стрептококков, качество продукта резко снижается. В частности, отмеченные выше различия подопытных образцов по внешнему виду и консистенции, на наш взгляд, были обусловлены повышенной кислотностью контрольных образцов. Также к нетрадиционным методам обработки молока-сырья относится обработка емкостей для хранения молока электрохимически активированной водой, полученной на электрокондиционере. Аппарат для обработки воды представляет собой проточный электрохимический реактор со штуцерами для подвода и отвода обрабатываемой воды. Воду пропускают через колонку (электрокондиционер), выполненную из кварцевого стекла и заполненную кварцевым песком и модифицированным льняным волокном [8-10].

Сущность электрохимической активации воды состоит в том, что разбавленные растворы минеральных солей при обработке электрическим током получают и отдают электроны, переходя в метастабильное состояние, характеризующееся аномальной физико-химической активностью, которая постепенно убывает во времени (релаксирует). При электрохимической активации воды меняется ее окислительно-восстановительный потенциал, который является мерой свободной энергии реакции окисления-восстановления химических веществ и выражается разнообразием потенциалов, возникающих в настоящей окислительно-восстановительной системе. Кроме того, процесс электрохимической активации воды сопровождается уменьшением в тысячи раз количества бактерий и вирусов.

Для изучения влияния воды, приготовленной различными способами на электрокондиционере, на микробиологический состав молока коров были проведены исследования, в которых емкости для хранения молока были обработаны специально подготовленными растворами:

раствор № 1: вода, обработанная на электрокондиционере (катод);

раствор № 2: вода, обработанная на электрокондиционере (анод);

раствор № 3: вода, обработанная на электрокондиционере (катод + анод).

В результате исследований было установлено, что хранение молока в емкости, обработанной электрохимически активированной водой, значительно уменьшило общую бактериальную обсемененность молока, причем наиболее существенное снижение, вплоть до полного уничтожения бактерий, произошло при обработке емкости для хранения молока раствором воды, полученной в смеси анода и катода.

Исследуемые растворы оказали значительное воздействие на развитие *Staphylococcus aureus* и снизили их количество в 2,6 раза по сравнению с контрольным образцом. Все изучаемые рабочие растворы воды подавили рост бактерий *Escherichia coli*, дрожжеподобных грибов из рода *Candida albicans* и микроскопических плесневых грибов из рода *Penicillium*. Наибольшее влияние оказала вода, обработанная на электрокондиционере (катод + анод).

Полученные результаты позволили рекомендовать с целью снижения бактериальной обсемененности молока наряду с сохранением других его качественных и количественных характеристик промывку емкости для хранения и транспортировки молока водой, обработанной на электрокондиционере (катод + анод).

Для изучения влияния комбинированного способа обработки молока электромагнитным излучением и электрохимически активированной водой на качество молока и молочных продуктов нами были проведены следующие исследования. Для обработки молока-сырья применялся генератор электромагнитных импульсов со следующими параметрами электрического тока: длительность импульса – 19,82 мс, длительности паузы – 19,64 мс, напряжение импульса – 22 В, время воздействия – 20 мин. Для обработки емкости для хранения молока использовалась вода, обработанная на электрокондиционере (катод + анод). Из обработанного комбинированным способом молока была приготовлена мечниковская простокваша.

Опытные образцы полученного продукта были оценены по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Установлено, что обработка молока-сырья на генераторе электромагнитных излучений и его хранение в емкости, обработанной электрохимически активированной водой, не оказали влияния на органолептические, физико-химические показатели и состав молока.

Таблица 1

### Органолептические показатели мечниковской простокваши

Режим обработки молока	Показатель		
	консистенция и внешний вид	запах и вкус	цвет
Образец 1 (контроль, без обработки)	Имеет неплотный тягучий сгусток с нарушенной неоднородной консистенцией, с большим количеством отделившейся сыворотки	Кислый без посторонних привкусов и запахов	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе
Образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)	Имеет в меру плотный сгусток с ненарушенной консистенцией, с небольшим количеством отделившейся сыворотки	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов, выраженный и нежный вкус	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе

Органолептические показатели мечниковской простокваши представлены в таблице 1. Данные таблицы свидетельствуют о том, что образец № 1 (контроль, без обработки) – неплотный тягучий сгусток с нарушенной неоднородной консистенцией, с большим количеством отделившейся сыворотки, а образец № 2 имел в меру плотный

сгусток с ненарушенной консистенцией, с небольшим количеством отделившейся сыворотки.

При определении органолептических показателей мечниковской простокваши была проведена дегустационная оценка продукта (табл. 2). По результатам дегустаций органолептических свойств мечниковской простокваши установлено, что наиболее высокую оценку (17,87 баллов) получил образец № 2. Также образец после обработки получил высокую оценку за консистенцию и вкус.

Таблица 2

**Дегустационная карта органолептической оценки мечниковской простокваши**

Режим обработки молока	Показатель, балл				
	цвет	запах	консистенция	вкус	общий балл
Образец 1 (контроль, без обработки)	4,85±0,10	4,50±0,23	3,75±0,12	4,50±0,18	17,6±0,1
Образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)	4,77±0,12	4,0±0,23	4,58±0,14	4,52±0,14	17,87±0,05

Химический состав опытных образцов мечниковской простокваши представлен в таблице 3.

Таблица 3

**Химический состав мечниковской простокваши**

Показатель	Режим обработки	
	образец № 1 (контроль, без обработки)	образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)
Массовая доля жира, %	3,8	3,75
Массовая доля белка, %	3,20	3,36
Содержание общего азота, %	0,50	0,57
Содержание небелкового азота, %	0,0293	0,0311
Содержание сывороточных белков, %	0,95	0,85
Массовая доля влаги, %	85,41	87,38
Массовая доля сухих веществ, %	14,59	12,62
Активная кислотность (величина pH), ед.	4,25	4,18
Кислотность, °Т	114	90

Анализ данных показал, что доля жира практически не изменилась. Доля белка в контрольном образце по сравнению с образцом № 2 ниже на 0,16%. Количество

сухих веществ в мечниковской простокваше составило 14,59% в первом образце, что на 1,97% больше, чем в опытном.

Активная кислотность во втором образце снизилась на 1,67%. Существенное различие получено по кислотности, контрольный образец имел повышенную кислотность (114°Т), что почти на 24°Т больше по сравнению с образцом № 2.

Микробиологические показатели опытных образцов мечниковской простокваши представлены в таблице 4.

Таблица 4

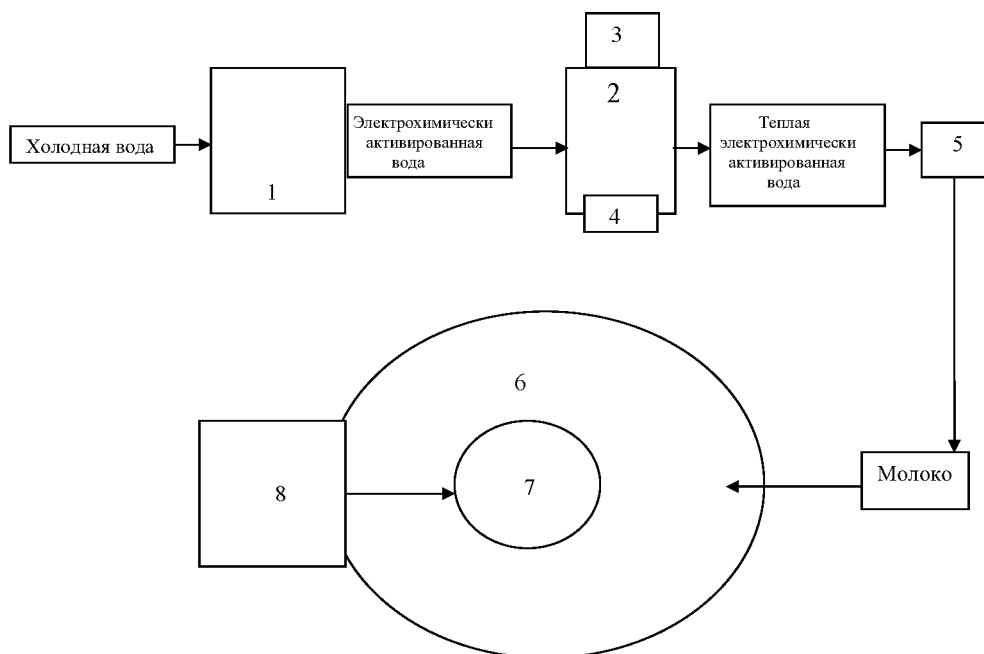
**Микробиологические показатели мечниковской простокваши**

Показатель	Режим обработки	
	образец № 1 (контроль, без обработки)	образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г	2,5*10 <sup>8</sup>	2,5*10 <sup>8</sup>
Бактерии группы кишечной палочки	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/г	1,2*10 <sup>4</sup>	Менее 1,0*10 <sup>1</sup>
Плесени, КОЕ/г	Менее 1,0*10 <sup>1</sup>	Менее 1,0*10 <sup>1</sup>
Энтеробактерии	Не обнаружено	Не обнаружено

Микробиологические исследования образцов мечниковской простокваши показали, что количество молочнокислых микроорганизмов в обоих образцах одинаково. Бактерии группы кишечных палочек и энтеробактерий отсутствовали в обоих образцах. Количество дрожжей в образце после электромагнитного излучения и электрохимически активированной воды сократилось с  $1,2 \times 10^4$  до  $1,0 \times 10^1$  КОЕ/г.

На основании данных проведенных исследований нами разработано устройство для комбинированной обработки молока-сырца (рис. 1), состоящее из: 1 – электрокондиционер, 2 – бак для электрохимически активированной воды, 3 – блок управления, 4 – теплоэлемент, 5 – молокопровод, 6 – молокоприемный бак, который снабжен 7 – генератором импульсов электрического тока с 8 – пультом управления.

Устройство работает следующим образом. В электрокондиционер 1 подается вода, откуда она поступает в бак 2 с блоком управления промывкой молокопровода 3 и теплоэлементом 4, где вода подогревается до 50-60°С. Из бака активированная теплая вода подается в молокопровод 5, откуда после промывки выводится в канализацию. Блок управления проводит автоматический процесс промывки по установленной программе с помощью командного прибора. После промывки молокопровода молоко из него поступает в молокоприемный бак 6, который снабжен генератором импульсов 7 электрического тока с пультом управления 8, регулирующим длительность импульсов, пауз и выходное напряжение импульса, подающим импульсы электрического тока на источник импульсов электромагнитного поля, помещенный в молокоприемный бак.



**Рис. 1.** Схема устройства для комбинированной обработки молока-сырья

### Библиографический список

1. *Иванов Ю.Г.* Методы и технические средства контроля и управления технологическими процессами в молочном животноводстве: Дис. докт. техн. наук. М., 2005. 276 с.
2. *Полищук П.К.* Лабораторный практикум по микробиологии молока и молочных продуктов / П.К. Полищук, Э.С. Дербинова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 200 с.
3. *Родионов Г.В.* Справочник бригадира молочной фермы / Г.В. Родионов. Москва, 2000. 179 с.
4. *Родионов Г.В.* Регулирование содержания микроорганизмов в молоке-сырье / Г.В. Родионов, Т.В. Ананьева, Е. Кужугет // Молочная промышленность. 2012. № 8. С. 14-15.
5. *Родионов Г.В.* Способ подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: Патент на изобретение № 2440769 от 27.01.2012 г.
6. *Родионов Г.В.* и др. Устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: Патент на полезную модель № 113114 от 10.02.2012 г.
7. *Родионов Г.В., Пурецкий В.М.* Устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: Патент на полезную модель № 117775 от 10.06.2012 г.
8. *Rodionov G.V.* Regulating the number of microorganisms in raw milk / G.V. Rodionov, S.L. Belopukhov, R.T Mannapova, O.G. Dryakhlykh // Journal «Izvestiya Of Timiryazev Agricultural Academy»: Special issue. 2013. P. 163-171.
9. *Родионов Г.В., Белоухов С.Л., Маннапова Р.Т., Дряхлых О.Г.* Установка для санитарной обработки доильного оборудования: Патент «Полезная модель № 133683». Заявка на патент 2013111644/017267 от 18.03.2013 г.

10. Родионов Г.В., Белоухов С.Л., Маннапова Р.Т., Дряхлых О.Г. Способ санитарной обработки доильного оборудования: Патент РФ № 253 1914. Заявка на патент 2013111643/017266 от 18.03.2013 г.

11. Хоружева О.Г. Влияние физических факторов на качественный и количественный состав молока и молочных продуктов: Автореф. дис. к.с.-х.н. / О.Г. Хоружева. Москва, 2015. 21 с.

## INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION AND ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER ON THE QUALITY OF MILK AND CURDLED MILK

G.V. RODIONOV, S.L. BELOPUKHOV, O.G. KHORUZHEVA, S.D. BADUANOVA, E.P. PRONINA

RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev

*The quality of milk and milk products depend on the technology of production and preventive measures for their improvement. That is why one of the priority areas of the dairy cattle breeding is the production of milk, satisfying the sanitary-hygienic norms and requirements of the processing enterprises. In modern industrial technologies alternative ways of milk processing are becoming significantly more important, such as infra-red radiation, ultrasound, microwave and ultra-violet processing etc. These methods increase the duration of product storage, improve taste qualities and cut energy costs. Complex milk processing with electromagnetic radiation and electrochemically activated water is of the promising processing methods. The goal of the conducted research is the improvement of milk quality due to selective rejection of spreading undesirable microorganisms. The authors theoretically justified and experimentally proved the necessity of complex milk processing with electromagnetic radiation and electrochemically activated water in the fermented dairy milk production in order to improve its consumer attributes.*

**Key words:** generator of electromagnetic impulse, water conditioner, electromagnetic radiation, electrochemically activated water, mode milk processing, microorganisms, dairy products.

### References

1. Ivanov Yu.G. Metody i tehicheskie sredstva kontrolya i upravleniya tehnologicheskimi protsessami v molochnon zhitovnovodstve: dis.dokt.tehn.nauk: 05.20.01; 05.13.06. M., 2005. 276 p.
2. Polishchuk P.K. Laboratorniy praktikum po mikrobiologii moloka i molochnyh produktov / P.K. Polishchuk, E.S. Derbinova. M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 1982. 200 p.
3. Rodionov G.V. Spravochnik brigadira molochnoy fermy / G.V. Rodionov. Moskva, 2000. 179 p.
4. Rodionov G.V. Regulirovanie soderzhania mikroorganizmov v moloke – syr'e / G.V. Rodionov, T.V. Ananyeva, E. Kuzhuget // Molochnaya promyshlennost. 2012. № 8. P. 14-15.
5. Rodionov G.V. «Sposob podavleniya negelatelnyh mikroorganizmov v moloke i molochnyh produktah»: Patent na izobretenie № 2440769 ot 27.01.2012.
6. Rodionov G.V. i dr. «Ustroystvo dlya podavleniya nezhelatelnyh mikroorganizmov v moloke i molochnyh produktah»: Patent na poleznuyu model № 113114 ot 10.02.12.
7. Rodionov G.V., Puretskiy V.M. «Ustroystvo dlya podavleniya nezhelatelnyh mikroorganizmov v moloke i molochnyh produktah», Patent na poleznuyu model № 117775 ot 10.06.12.



8. *Rodionov G.V.* Regulating the number of microorganisms in raw milk / G.V. Rodionov., S.L. Belopukhov, R.T. Mannapova, O.G. Dryakhlykh // Journal «Izvestiya Of Timiryazev Agricultural Academy»: Special issue. 2013. P. 163-171.

9. *Rodionov G.V., Belopukhov S.L., Mannapova R.T., Dryakhlykh O.G.* «Ustanovka dlya sanitarnoy obrabotki doilnogo oborudovaniya»: Patent Poleznaya Model № 133683. Zayavka na patent 2012111644/017267 ot 18.03.2013.

10. *Rodionov G.V., Belopukhov S.L., Mannova R.T., Dryakhlykh O.G.* «Sposob sanitarnoy obrabotki doilnogo oborudovaniya»: Petent RF № 25311914. Zayavka na patent 2012111643/017266 ot 18.03.2013.

11. *Khoruzheva O.G.* Vliyanie fizicheskikh faktorov na kachestvenniy sostav moloka i molochnyh produktov: Avtoref.dis.k.s.-h.n. / O.G. Khoruzheva. Moskva, 2015. 21 p.

**Родионов Г.В.** – заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550. г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-40-40; e-mail: mlabor@timacad.ru

**Белопухов С.Л.** – заведующий кафедрой физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел.: (499) 976-32-16.

**Хорушева О.Г.** – ведущий специалист Испытательной лаборатории по качеству молока РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел.: (499) 977-71-72; e-mail: mlabor@timacad.ru.

**Бадуанова С.Д.** – аспирантка кафедры молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: baduanovasalima@gmail.com

**Пронина Е.В.** – аспирантка кафедры молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: proninakat89@yandex.ru

**Rodionov G.V.** – Head of the Department of Milk and Meat Cattle Breeding RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-40-40, e-mail: mlabor@timacad.ru).

**Belopukhov S.L.** – Head of the Department of Physical and Organic Chemistry RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-32-16).

**Khoruzheva O.G.** – leading specialist of Test Laboratory of the Milk Quality RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 977-71-72, e-mail: mlabor@timacad.ru).

**Baduanova S.D.** – Ph.D. student of the Department of Milk and Meat Cattle Breeding RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; e-mail: baduanovasalima@gmail.com).

**Pronina E.V.** – Ph.D. student of the Department of Milk and Meat Cattle Breeding RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; e-mail: proninakat89@yandex.ru).