

ВЛИЯНИЕ АНТИБИОТИКОВ НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ МОЛОКА
И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Г.В. РОДИОНОВ, О.В. СЕЛИЦКАЯ, Н.М. КОСТОМАХИН,
А.П. ОЛЕСЮК, А.С. АГЕЕВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Органические вещества молока при хранении под воздействием ряда факторов претерпевают ряд сложных изменений в составе и свойствах с образованием новых химических соединений, резко изменяющих питательную ценность, нормальный вид, вкус и запах продукта. Регулирование биохимических и микробиологических процессов при хранении и переработке молока является актуальным направлением молочной отрасли. Цель эксперимента – выявление характера дифференцированного воздействия антибиотиков на химический состав, микробиологические показатели и технологические свойства молока-сырья и кисломолочных продуктов. В ходе проведённых исследований установлено, что с увеличением концентрации пенициллина консистенция йогурта становилась жидкая и неоднородная, с нарушенным хлопьевидным сгустком, посторонним привкусом и запахом. При максимальном содержании антибиотика в продукте (0,016 мг/кг) количество молочнокислых бактерий составило $3,2 \times 10^4$ КОЕ/мл, а при его отсутствии $3,4 \times 10^8$ КОЕ/мл. Статистически достоверные различия органолептических свойств йогурта были получены при наивысшей концентрации левомицитина (0,0012 мг/кг) по показателям консистенции, вкуса и общей бальной оценке, другие исследуемые концентрации изучаемого антибиотика не оказали влияния на консистенцию, вкус и запах продукта.

Ключевые слова: пенициллин, левомицетин, качество молока, КМАФАнМ, кислотность.

Введение

Одним из приоритетных направлений молочной отрасли является производство молока, соответствующего санитарно-гигиеническим нормам и требованиям перерабатывающих предприятий. Решение данной проблемы важно с точки зрения обеспечения безопасного и полноценного питания людей. Актуальность наших исследований состоит в том, что особую опасность в молоке представляют антибиотики не только для человека, но и создают серьезную проблему для молочной промышленности, поскольку они могут нарушить производственный процесс, ингибируя заквасочную микрофлору. Это приводит к серьезным финансовым потерям [1, 6, 7, 8].

Впервые изучен характер дифференцированного влияния пенициллина и левомицитина на микроорганизмы и химический состав молока и кисломолочных продуктов при различных сроках и температурах хранения.

Выявленные закономерности воздействия различных антибиотиков, с одной стороны, позволят направленно влиять на показатели качества и безопасности молока и молочной продукции, контролировать процессы их производства, а с другой – необходимы для коррекции требований регламентов и государственных стандартов в области производства и переработки молока.

Целью работы явилось выявление характера дифференцированного воздействия антибиотиков на химический состав, микробиологические показатели и технологические свойства молока-сырья и кисломолочных продуктов для повышения их качества и безопасности. Это позволит эффективно воздействовать на показатели качества молока и молочных продуктов, решить многие технологические проблемы и осуществлять выпуск продукции с заданными показателями качества и безопасности.

В задачи исследования входило изучение специфичности воздействия различных видов и концентраций антибиотиков на химический состав, микробиологические показатели, технологические свойства молока-сырья и кисломолочных продуктов; определение силы влияния отдельных факторов (продолжительность и температура хранения молока, вид и концентрация антибиотика) на изменение химического состава и развитие микроорганизмов молока; выявление характера влияния пенициллина и левомицетина на качество йогурта.

Методика исследования

Для изучения характера влияния антибиотиков на качество и безопасность молока и кисломолочных продуктов были проведены исследования, для которых были выбраны следующие концентрации пенициллина в исходном молоке: на уровне, соответствующем пороговому согласно ТР ТС (0,004 мг/кг); на уровне, в 2 раза ниже порогового (0,002 мг/кг); концентрация, в 2 раза превышающая пороговую (0,008 мг/кг) и концентрация, в 4 раза превышающая пороговую (0,016 мг/кг). Аналогично были выбраны концентрации левомицетина, предельно допустимый уровень которого в ТР ТС установлен не более 0,0003 мг/кг. Соответственно нами были изучены пробы молока с концентрациями левомицетина 0,00015; 0,0003; 0,0006; 0,0012 мг/кг.

Для подсчёта микроорганизмов молока и молочных продуктов использовали экспресс-анализ на тест-пластинах 3М™ Petrifilm™ для определения следующих микробиологических показателей: *КМАФАнМ*, молочнокислые бактерии, *БГКП*, условно-патогенные (*S. Aureus*) и патогенные микроорганизмы (в т.ч. *сальмонелла*), дрожжи и плесневые грибы.

Результаты исследований и их обсуждение

Так как на развитие микроорганизмов молока оказывают влияние температура и длительность хранения, нами было изучено влияние антибиотиков на физико-химические показатели молока в динамике при различных температурах хранения, а также определена сила влияния этих факторов на качественные показатели молока. Известно, что скорость размножения разных микробов в молоке неодинакова. В частности, по отношению к температуре микроорганизмы разделяются на следующие группы: психрофилы и психротрофы, мезофилы и термофилы. Холодоустойчивые (психрофилы и психротрофы) бактерии выживают при низкой температуре (ниже 0°C). Для мезофилов температурный оптимум находится между 20–45°C. Следовательно, при разных температурах хранения молока создаются более благоприятные условия для размножения различных групп бактерий, что и является одной из причин разнонаправленного изменения химического состава в процессе хранения, включая белок [3, 4]. В таблице 1 и на рисунках 1–4 показаны изменения физико-химических показателей молока с различными концентрациями пенициллина (0,002; 0,004; 0,008; 0,016 мг/кг) в процессе хранения при температурах 10°C, 24°C и 37°C.

Температура 10°C является предельной для кратковременного (не более 1 суток) хранения сырого молока. Проведённые исследования при температуре хранения

10°C не выявили существенных различий в физико-химических показателях молока в процессе хранения на протяжении 24 часов.

Исследования показали, что при этой температуре произошло снижение содержания жира как в контрольном образце молока без антибиотика, так и в пробах молока с антибиотиком. Так как при температуре 10°C жизнедеятельность микроорганизмов была подавлена, гидролиз жира произошел в первую очередь под действием нативных липаз, и следствием липолиза явилось накопление свободных жирных кислот (СЖК), и это привело к снижению содержания жира в молоке. При дальнейшем хранении до 24 часов количество жира было восстановлено до исходного уровня (рис. 1).

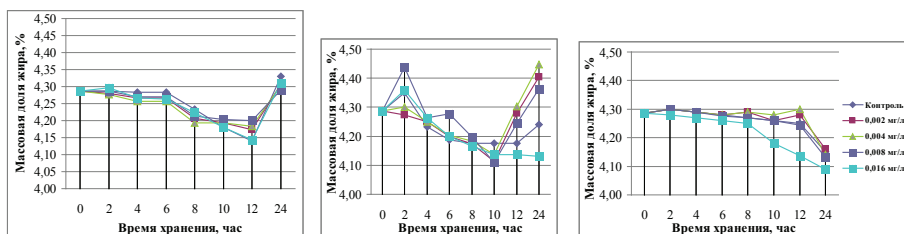


Рис. 1. Изменение жира молока под влиянием пенициллина в процессе хранения при 10, 24 и 37°C

При температуре хранения 24°C аналогичные изменения содержания жира в молоке за период хранения 24 часа были отмечены во всех пробах за исключением пробы с максимальным содержанием пенициллина 0,016 мг/кг. В связи с этим можно предположить, что при хранении молока свыше 12 часов на содержание жира в молоке оказали влияние микроорганизмы, развитие которых было подавлено при максимальном содержании антибиотика.

На это указывают данные по изменению содержания жира в молоке контрольной и опытных групп при температуре хранения 37°C. Описанные трансформации жировой эмульсии в конечном итоге приводят к образованию дестабилизированного (свободного) жира. Вследствие этого незначительно повышается вязкость и плотность молока, а также титруемая кислотность может увеличиваться на 0,5–2 °Т.

Существенные и статистически достоверные изменения произошли в процессе хранения молока при температуре 24°C и 37°C по содержанию белка и лактозы (табл. 1, рис. 2, рис. 3).

При хранении белковая система молока претерпевает серьезные изменения. В частности, микроорганизмы нуждаются в источниках азотного питания. Наряду с минеральными источниками азота многие микроорганизмы могут потреблять азот органических соединений, которые одновременно служат и источником углерода [4]. Некоторые микроорганизмы могут ассимилировать аминокислоты, используя их как строительные блоки. Гнилостные бактерии вызывают распад белковых веществ. Способность расщеплять белки имеют также плесени и актиномицеты. Для многих дрожжей источниками азота являются соли аммония, аминокислоты, пептиды.

Значимые изменения химического состава молока в наших исследованиях, очевидно, связаны прежде всего с развитием мезофильных бактерий. В частности, при температуре хранения молока 24°C содержание белка за сутки увеличилось с 2,98% до 3,09% и превысило это показатель при температуре хранения молока 10°C на 0,05% (рис. 2). Увеличение количества белка было отмечено на протяжении хранения и при наличии различных концентраций пенициллина. Причем наибольшее увеличение количества белка произошло в молоке с наивысшей концентрацией пенициллина. Так, через 24 часа хранения в молоке с концентрацией пенициллина 0,016 мг/кг содержание белка увеличилось до 3,16%.

Физико-химические и микробиологические показатели молока при различных концентрациях пенициллина через сутки хранения при 24°C и 37°C

Показатель	Контроль		Концентрация пенициллина, мг/кг								
			0,002		0,004		0,008		0,016		
	до хранения	Температура хранения, °C									
		24	37	24	37	24	37	24	37	24	37
Жир, %	4,29 ±0,011	4,24 ±0,022	4,15 ±0,021	4,40 ±0,034	4,16 ±0,034	4,45 ±0,126	4,14 ±0,126	4,36 ±0,081	4,13 ±0,081	4,13 ±0,021	4,09 ±0,021
Белок, %	2,98* ±0,019	3,09 ±0,014	3,13* ±0,014	3,09 ±0,013	3,21 ±0,014	3,13 ±0,014	3,23 ±0,014	3,13 ±0,015	3,23 ±0,015	3,16* ±0,019	3,26 ±0,019
Лактоза, %	4,77 ±0,011	4,57 ±0,001	4,28 ±0,002	4,60 ±0,012	4,31 ±0,012	4,64 ±0,013	4,45 ±0,016	4,66 ±0,015	4,48 ±0,015	4,68 ±0,019	4,58 ±0,009
Сухое вещество, %	13,0 ±0,02	13,0 ±0,05	12,6 ±0,03	13,1 ±0,03	12,6 ±0,03	13,2 ±0,12	13,0 ±0,12	13,1 ±0,08	13,4 ±0,07	12,8 ±0,03	13,8 ±0,03
Кислотность, Т	16,0 ±0,01	34,7 ±0,88	74,7 ±0,88	34,0 ±0,58	72,0 ±0,57	32,3 ±0,67	72,3 ±0,67	31,0 ±0,58	64,0 ±0,58	28,7 ±0,33	49,7 ±0,33
Соматические клетки, тыс /см ³	371,3 ±8,33	332,3 ±4,81	362,3 ±4,81	377,0 ±3,51	377,0 ±3,51	370,0 ±13,58	370,0 ±13,58	363,7 ±13,48	343,7 ±13,48	316,3 ±7,22	318,3 ±7,22
Точка замерзания, °C	0,54 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,002	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001	0,53 ±0,001
КМАФАМН, КОЕ/мл	4,4 ₃ ×10	4,5 ₆ ×10	2,5 ₇ ×10	2,4 ₆ ×10	2,4 ₇ ×10	1,8 ₆ ×10	2,1 ₇ ×10	1,9 ₆ ×10	7,4 ₇ ×10	1,1 ₆ ×10	1,5 ₇ ×10

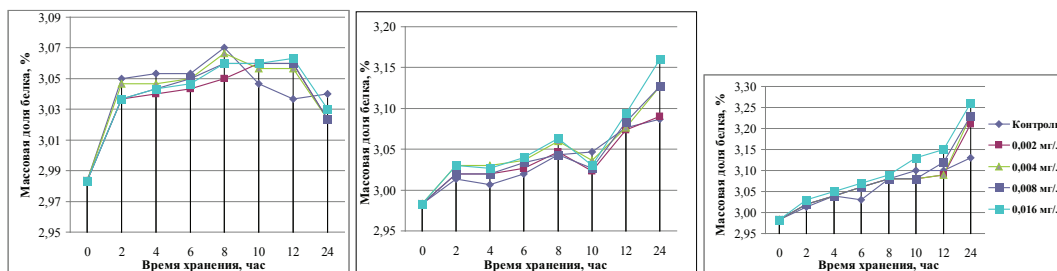


Рис. 2. Изменение белка молока под влиянием пенициллина в процессе хранения при 10, 24 и 37°C

Наиболее существенными были изменения по содержанию лактозы в процессе хранения при температуре 37°C, что, по-видимому, также связано с развитием мезофильных бактерий (рис. 3).

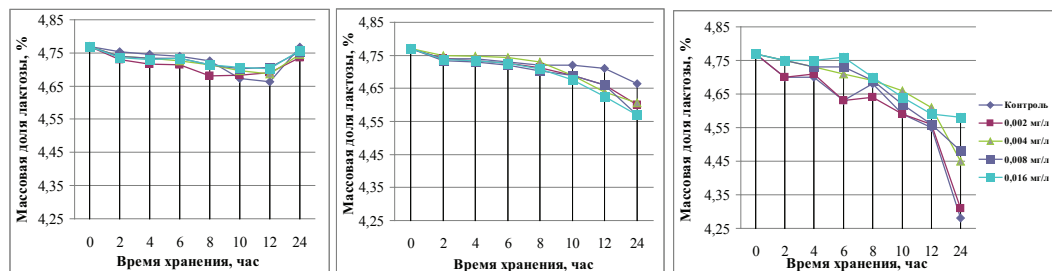


Рис. 3. Изменение лактозы молока под влиянием пенициллина в процессе хранения при 10, 24 и 37°C

Наибольшее снижение содержания лактозы (на 0,49%) произошло в контрольном образце молока. Это отразилось и на показателях кислотности (рис. 4). Наименьшая кислотность молока была через 24 часа хранения в молоке с наивысшей концентрацией пенициллина (0,016 мг/кг). Это может свидетельствовать о том, что исследуемые концентрации антибиотика оказали ингибирующий эффект на развитие молочнокислых бактерий и молочнокислое брожение в опытном образце с концентрацией пенициллина 0,016 мг/кг протекало менее интенсивно, чем в других образцах.

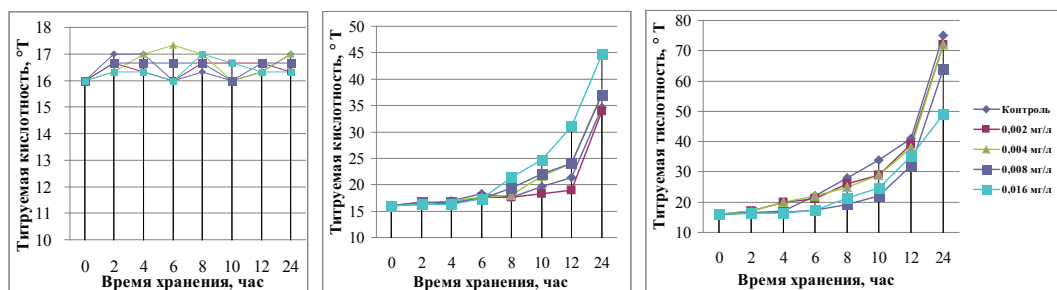


Рис. 4. Изменение кислотности молока под влиянием пенициллина при 10, 24 и 37°C хранения

Механизм биологического действия пенициллина, как и любого другого антибиотика, специфичен и зависит от его концентрации, времени действия, вида организма и микроструктуры его клеток, от внешних условий, а также других факторов, ввиду чего действие пенициллина на различные бактерии неодинаково. Учитывая вышесказанное, для изучения специфики воздействия антибиотиков на микрофлору молока важно установить характер этого влияния при различных температурах и разных сроках хранения молока и выявить силу влияния этих факторов. В таблице 2 представлены результаты дисперсионного анализа, характеризующего степень воздействия факторов на показатели физико-химического состава молока.

Установлено, что концентрация пенициллина не оказала значительного влияния на исследуемые показатели. Время хранения молока оказало значительное влияние на все параметры. Сила влияния температурного фактора имела меньшее значение, а наивысшее статистически достоверное влияние она оказала на массовую долю лактозы и кислотность молока.

Для выявления дифференцированного воздействия на развитие микрофлоры различных антибиотиков нами были также проведены исследования по изучению влияния левомицетина на физико-химические показатели молока-сырья.

В таблице 3 и на графиках 5–8 показаны изменения физико-химических показателей молока с различными концентрациями левомицетина (0,00015; 0,0003; 0,0006; 0,0012 мг/кг) в процессе хранения при заданных температурах (10, 24 и 37°C).

Результаты дисперсионного анализа по влиянию времени, температуры хранения и концентрации пенициллина на молоко

Показатель	Степень влияния фактора, %		
	Концентрация пенициллина	Время хранения	Температура хранения
Белок	0,6	62,0*	1,5
Жир	0,5	59,5*	1,9
Лактоза	1,1	50,7*	5,5*
Сухое вещество	0,7	79,0*	2,1
Кислотность	3,2	38,0*	17,0*
Соматические клетки	3,4	19,0*	0,6
Точка замерзания	1,3	84,1*	0,5

* – достоверно по Фишеру

Механизм противомикробного бактериостатического действия левомецитина связан с нарушением синтеза белков микроорганизмов за счёт блокирования ферментом пептидилтрансферазной активности клетки. Чувствительными к левомецитину выступают многие кокковые формы бактерий, а также некоторые крупные вирусы.

В результате наших исследований по изучению влияния концентрации левомецитина в изучаемом диапазоне на развитие микрофлоры молока и изменение состава молочных компонентов в процессе хранения при температурах 10°C и 24°C не было выявлено существенных различий по физико-химическим показателям молока. В большей степени на эти показатели оказал влияние фактор времени: так, через сутки хранения молока при температуре 10°C массовая доля жира увеличилась на 0,44% в контрольном и на 0,47% в опытном образце (с концентрацией 0,0012 мг/кг). При хранении молока при температуре 24°C эта разница составила 0,21% и 0,25% соответственно (рис. 5).

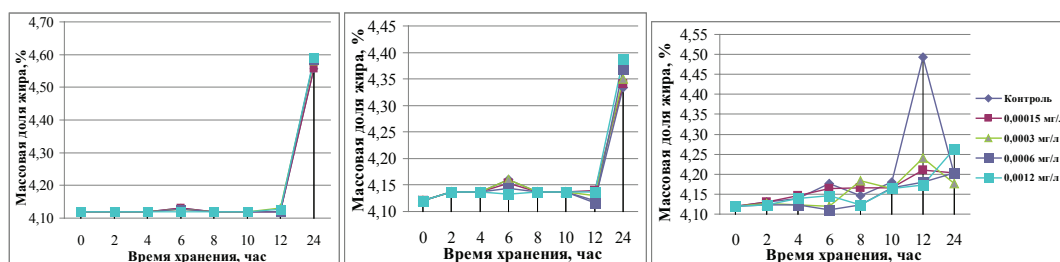


Рис. 5. Изменение жира под влиянием левомецитина в процессе хранения при 10, 24 и 37°C

По содержанию белка и лактозы в процессе хранения наблюдались несущественные различия (на 0,02–0,05%). Можно сделать вывод, что исследуемые концентрации левомецитина не повлияли на изменение физико-химических показателей молока в процессе хранения при заданных температурах.

В то же время были отмечены достоверные изменения кислотности молока при температуре 24°C через 24 часа хранения. В контрольном образце уровень титруемой кислотности достиг показателя 32,7°Т, а в опытных несколько ниже, причём с увеличением концентрации левомицетина прямо пропорционально происходило снижение кислотности (рис. 6). Так, в опытном образце с концентрацией антибиотика 0,0012 мг/кг этот показатель составил 27,7°Т.

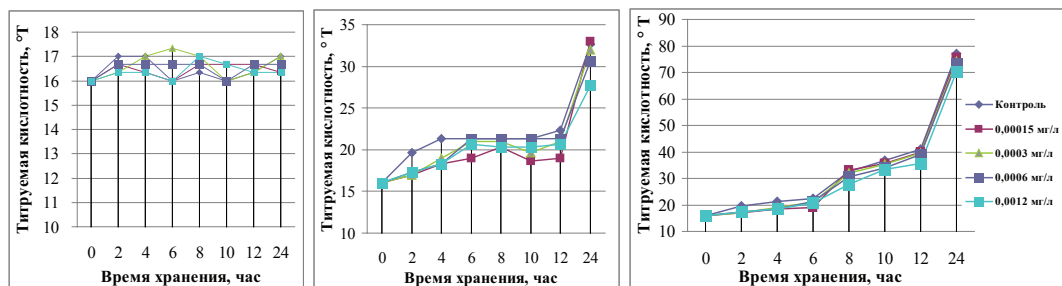


Рис. 6. Изменение титруемой кислотности под влиянием левомицетина в процессе хранения при 10, 24 и 37°C

Изучение воздействия левомицетина на физико-химические свойства молока при температуре 37°C выявило ряд различий по содержанию жира, белка, лактозы (табл. 3).

Массовая доля белка через сутки хранения с концентрацией левомицетина 0,0006 и 0,0012 мг/кг по сравнению с контролем увеличилась на 0,06 и 0,07% соответственно (рис. 7). Эта разница оказалась статистически достоверной.

По содержанию жира и лактозы опытный образец с концентрацией левомицетина 0,0012 мг/кг также превосходил контрольный на 0,06% (рис. 8).

Наивысшее значение титруемой кислотности наблюдалось в контрольном и опытном образце с концентрацией левомицетина 0,00015 мг/кг (77 °Т и 75,7 °Т соответственно), что оказалось достоверно выше по сравнению с опытном образцом с концентрацией левомицетина 0,0012 мг/кг на 6,7 °Т и 5,4 °Т соответственно.

Для установления степени влияния отдельного фактора на изменение физико-химических и микробиологических показателей молока был проведён дисперсионный анализ, позволяющий установить характер влияния температуры, времени хранения и концентрации левомицетина в процентном выражении (табл. 4).

Как показал анализ, концентрация левомицетина в изучаемом диапазоне оказала влияние на показатели жира и лактозы. Фактор времени хранения молока оказал значительное влияние на все параметры, наивысшая сила его влияния наблюдалась в отношении показателя содержания массовой доли белка – 96%. Фактор температуры хранения молока оказал статистически достоверное влияние на массовую долю лактозы и кислотность молока.

Ввиду того, что, по имеющимся литературным данным, присутствие антибиотиков в молоке может представлять большую опасность для человека, а также существенным образом влиять на технологический процесс производства кисломолочных продуктов, нами был приготовлен йогурт из опытных образцов молока и дана его всесторонняя оценка [5, 9].

Продукт изготавливали на основе цельного молока, полученного на зоостанции университета с использованием заквасочных культур *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* термостатным способом в соответствии с ГОСТ 31981–2013.

Физико-химические и микробиологические показатели молока при различных концентрациях левомецитина через сутки хранения

Показатель	Контроль		Концентрация левомецитина, мг/кг								
			0,00015		0,0003		0,0006		0,0012		
	до хранения	Температура хранения, °С									
24		37	24	37	24	37	24	37°	24	37	
Жир, %	4,12 ±0,012	4,33 ±0,021	4,20 ±0,021	4,34 ±0,034	4,20 ±0,035	4,35 ±0,144	4,18 ±0,127	4,37 ±0,088	4,20 ±0,085	4,39 ±0,027	4,26 ±0,026
Белок, %	3,18 ±0,022	3,46 ±0,013	3,51 ±0,013	3,42 ±0,011	3,51 ±0,023	3,41 ±0,017	3,54 ±0,017	3,45 ±0,017	3,57 ±0,038	3,46 ±0,017	3,58 ±0,019
Лактоза, %	4,56 ±0,012	4,33 ±0,011	4,20 ±0,011	4,34 ±0,015	4,20 ±0,016	4,35 ±0,017	4,18 ±0,018	4,37 ±0,014	4,20 ±0,023	4,39 ±0,014	4,26 ±0,009
Сухое вещество, %	12,8 ±0,02	13,0 ±0,03	13,3 ±0,03	13,0 ±0,03	13,4 ±0,04	13,0 ±0,09	13,3 ±0,08	13,1 ±0,08	13,4 ±0,08	13,0 ±0,03	13,4 ±0,05
Кислотность, Т°	16,0 ±0,01	32,7 ±0,58	77,0 ±0,58	33,0 ±0,01	75,7 ±0,78	32,0 ±0,02	74,3 ±0,75	30,7 ±0,58	73,3 ±0,58	27,7 ±0,26	70,3 ±0,66
Соматические клетки, тыс /см ³	169 ±8,3	175 ±4,8	199 ±4,8	172 ±3,2	197 ±3,2	166 ±7,5	183 ±4,5	176 ±8,40	180 ±4,4	174 ±5,2	178 ±4,0
Точка замерзания, °С	0,54 ±0,001	0,53 ±0,001	0,46 ±0,001	0,53 ±0,001	0,46 ±0,001	0,53 ±0,001	0,46 ±0,001	0,53 ±0,001	0,46 ±0,001	0,53 ±0,001	0,46 ±0,001
КМАФАМН, КОЕ/мл	4,4 × 10 ³	4,5 × 10 ⁶	2,5 × 10 ⁷	2,4 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁷	4,4 × 10 ⁵	2,1 × 10 ⁷	8,3 × 10 ⁴	2,4 × 10 ⁷	7,3 × 10 ⁴	1,2 × 10 ⁷

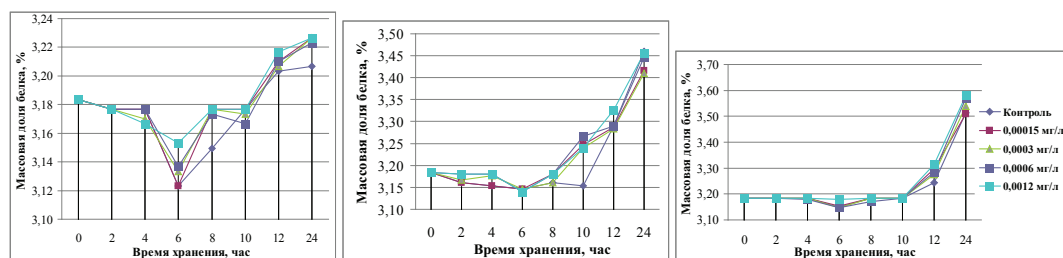


Рис. 7. Изменение белка молока под влиянием левомецитина в процессе хранения при 10, 24 и 37°С

После сквашивания в термостате образец йогурта без антибиотика имел однородную в меру вязкую консистенцию с ненарушенным сгустком. В то же время при наличии пенициллина органолептические показатели йогурта менялись.

С увеличением его концентрации консистенция становилась жидкой и неоднородной, с нарушенным хлопьевидным сгустком, с посторонним привкусом и запахом и молочно-белым неоднородным цветом.

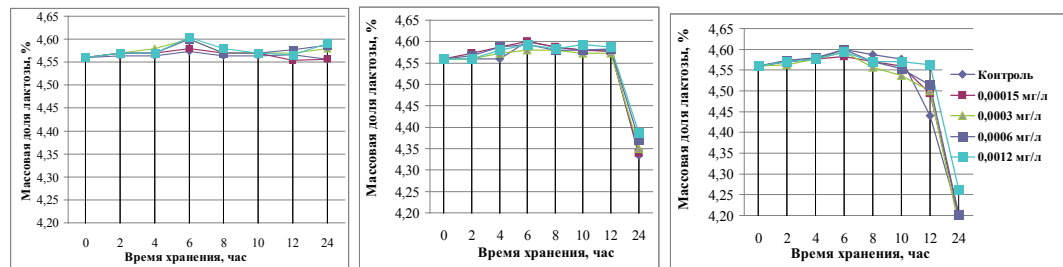


Рис. 8. Изменение лактозы под влиянием левомицетина в процессе хранения при 10, 24 и 37°C

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа по влиянию времени, температуры хранения и концентрации левомицетина на молоко

Показатель	Степень влияния фактора, %		
	Концентрация левомицетина	Время хранения	Температура хранения
Белок	1,0	96,0*	7,0
Жир	3,6*	87,5*	1,9
Лактоза	2,9	61,8*	5,0*
Сухое вещество	0,7	69,0	1,3
Кислотность	5,3*	73,0*	17,0*
Соматические клетки	3,3	18,0*	0,7
Точка замерзания	1,2	22,5*	0,8

*- достоверно по Фишеру

Нежелательные изменения цвета, запаха, консистенции и вкуса при дегустации негативно отразились на балльной оценке йогурта (табл. 5). По всем показателям, включая общую оценку, были получены статистически достоверные худшие показатели при содержании в исходном молоке-сырье пенициллина в концентрации 0,016 мг/кг.

Присутствие антибиотика в молоке-сырье повлияло и на химический состав йогурта (табл. 6).

С ростом концентрации пенициллина снижалось содержание основных органических веществ йогурта. В то же время наивысшая кислотность йогурта наблюдалась при отсутствии антибиотика.

Рост кислотности йогурта при отсутствии антибиотика объясняют данные по развитию микроорганизмов в исследуемых образцах (табл. 7). Отмечен синхронный рост общей бактериальной обсемененности и количества молочнокислых микробов с $3,2 \times 10^4$ КОЕ/г при максимальном содержании антибиотика и $3,4 \times 10^8$ КОЕ/г при его отсутствии.

**Дегустационная карта органолептической оценки йогурта
под воздействием пенициллина**

Показатель	Контроль	Концентрация пенициллина, мг/кг			
		0,002	0,004	0,008	0,016
Цвет	4,91±0,02	4,71±0,07	4,61±0,07	4,31±0,07*	3,21±0,07*
Запах	4,87±0,04	4,83±0,12	4,89±0,05	4,89±0,03	4,11±0,05*
Консистенция	4,88±0,06	4,91±0,02	4,23±0,09	3,29±0,05	2,89±0,08**
Вкус	4,92±0,02	4,89±0,04	3,76±0,05	3,89±0,12**	2,80±0,15*
Общий балл	19,58±0,05	19,34±0,09	17,49±0,06	16,38±0,09	13,01±0,12

* $P \geq 0,95$ ** $P \geq 0,999$

Химический состав йогурта под воздействием пенициллина

Показатель	Контроль	Концентрация пенициллина, мг/кг			
		0,002	0,004	0,008	0,016
Жир, %	4,23±0,03	4,25±0,02	4,19±0,01	4,17±0,04	4,19±0,03
Белок, %	3,26±0,02	3,32±0,03	3,33±0,02	3,28±0,02	3,12±0,02
СОМО, %	13,03±0,04	13,11±0,03	13,01±0,03	12,87±0,04	11,04±0,05
Кислотность, °Т	115±1,5	110±2,2*	99±1,4	81±3,2	73±2,5*

* $P \geq 0,95$

Присутствие левомецитина в молоке при изготовлении йогурта так же повлияло на его химический состав и органолептические свойства, однако его влияние несколько отличалось от влияния пенициллина. Так, после сквашивания в термостате образец йогурта без антибиотика имел однородную в меру вязкую консистенцию с ненарушенным сгустком. Изменения внешнего вида и консистенции йогурта были отмечены лишь при наивысшей концентрации левомецитина 0,0012 мг/кг. При этой концентрации антибиотика изменился запах и вкус йогурта. Он приобрел кисло-молочный вкус с присутствием постороннего привкуса и запаха.

Органолептическая оценка йогурта отразилась и на его балльной оценке (табл. 8). Статистически достоверные различия были получены при наивысшей концентрации левомецитина по показателям консистенции, вкуса и общей оценке, что касается образцов с концентрациями 0,00015; 0,0003 и 0,0006 мг/кг левомецитина и контрольного образца, то они не имели существенных различий как по балльной оценке, так и по описываемым органолептическим показателям. Следовательно, первые три концентрации не повлияли на качество йогурта.

Таблица 7

Микробиологические показатели йогурта под воздействием пенициллина

Показатель	Контроль	Концентрация пенициллина, мг/кг			
		0,002	0,004	0,008	0,016
КМАФАНМ, КОЕ/мл	$3,4 \times 10^8$	$2,8 \times 10^7$	$3,1 \times 10^7$	$1,4 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$
МКБ, КОЕ/мл	$3,4 \times 10^8$	$2,8 \times 10^7$	$3,1 \times 10^7$	$1,4 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$
БГКП (колиформы)	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены
Условно-патогенные микроорганизмы (<i>S. aureus</i>), в 0,1 г продукта	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонелла, в 25,0 г продукта	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	$1,4 \times 10^1$	$1,5 \times 10^1$	$1,1 \times 10^1$	не выявлены	не выявлены

Таблица 8

Дегустационная карта органолептической оценки йогурта под воздействием левомицетина

Показатель	Контроль	Концентрация левомицетина, мг/кг			
		0,00015	0,0003	0,0006	0,0012
Цвет	$4,91 \pm 0,02$	$4,93 \pm 0,03$	$4,91 \pm 0,02$	$4,95 \pm 0,01$	$4,91 \pm 0,07$
Запах	$4,87 \pm 0,04$	$4,92 \pm 0,01$	$4,87 \pm 0,04$	$4,83 \pm 0,04$	$4,87 \pm 0,04$
Консистенция	$4,88 \pm 0,06$	$4,87 \pm 0,02$	$4,88 \pm 0,04$	$4,73 \pm 0,05$	$4,64 \pm 0,06^*$
Вкус	$4,92 \pm 0,02$	$4,90 \pm 0,02$	$4,88 \pm 0,05$	$4,72 \pm 0,02$	$3,64 \pm 0,09^{**}$
Общий балл	$19,58 \pm 0,05$	$19,62 \pm 0,02$	$19,54 \pm 0,04$	$19,23 \pm 0,04$	$18,23 \pm 0,08^{**}$

* $P \geq 0,95$ ** $P \geq 0,999$

Присутствие антибиотика в молоке-сырье повлияло и на химический состав кисломолочного продукта (табл. 9). Кислотность йогурта с изучаемыми концентрациями левомицетина и контрольного образца отличалась незначительно.

Отмечено снижение общей бактериальной обсемененности и количества молочнокислых бактерий с $3,4 \times 10^8$ КОЕ/г до $2,7 \times 10^7$ КОЕ/г в образце с концентрацией 0,0006 мг/кг и до $1,8 \times 10^7$ КОЕ/г – с концентрацией 0,0012 мг/кг. Другие микроорганизмы не обнаружены (табл. 10).

Химический состав йогурта под воздействием левомицетина

Показатель	Контроль	Концентрация левомицетина, мг/кг			
		0,00015	0,0003	0,0006	0,0012
Массовая доля жира, %	4,23±0,03	4,18±0,03	4,11±0,03	4,18±0,02	4,18±0,03
Массовая доля белка, %	3,26±0,02	3,25±0,01	3,20±0,03	3,22±0,03	3,31±0,02
СОМО, %	13,03±0,04	13,02±0,03	12,95±0,02	12,84±0,04	12,92±0,03
Кислотность, °Т	115±1,5	106±3,2	109±2,8	106±2,1	94±2,2*

* P ≥ 0,95

Микробиологические показатели йогурта под воздействием левомицетина

Показатель	Контроль	Концентрация левомицетина, мг/кг			
		0,00015	0,0003	0,0006	0,0012
КМАФАнМ, КОЕ/мл	3,4 × 10 ⁸	3,4 × 10 ⁸	3,2 × 10 ⁸	2,7 × 10 ⁷	1,8 × 10 ⁷
МКБ, КОЕ/мл	3,4 × 10 ⁸	3,4 × 10 ⁸	3,2 × 10 ⁸	2,7 × 10 ⁷	1,8 × 10 ⁷
БГКП (колиформы)	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены
Условно-патогенные микроорганизмы (<i>S. aureus</i>), в 0,1 г продукта	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонелла, в 25,0 г продукта	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены	не выявлены

Заключение

Проведенные исследования показали, что химический состав молока изменяется под влиянием ряда факторов. Наличие ингибирующих веществ является одним из них. Причем при различных температурах и времени хранения молока это влияние может быть разнонаправленным, что во многом связано с деятельностью микроорганизмов, и последствием этого является снижение пищевых достоинств молока, его безопасности.

Концентрация пенициллина в молоке в изучаемом диапазоне (0,002; 0,004; 0,008; 0,016 мг/кг) не оказала значительного влияния на физико-химические показатели молока. В то же время фактор времени хранения (от 0 до 24 часов) оказал значительное

влияние на все параметры молока. Сила влияния температурного фактора (10, 24 и 37°C) имела меньшее значение, а наивысшее статистически достоверное влияние температуры наблюдалось на массовую долю лактозы и кислотность молока (5,5 и 17,0%).

Концентрация левомицетина в молоке в изучаемом диапазоне (0,00015; 0,0003; 0,0006; 0,0012 мг/кг) оказала влияние на показатели жира и лактозы (3,6 и 5,3%). Фактор времени хранения молока отразился на всех изучаемых параметрах, наивысшая сила его влияния наблюдалась на содержание массовой доли белка и составила 96%. Фактор температуры хранения молока оказал статистически достоверное влияние на массовую долю лактозы и кислотность молока.

Наличие антибиотиков в молоке отразилось как на органолептических показателях йогурта, так и на его физико-химических свойствах. В присутствии пенициллина органолептические показатели йогурта менялись. С увеличением концентрации антибиотика консистенция кисломолочного продукта становилась жидкой и неоднородной, с нарушенным хлопьевидным сгустком, посторонним привкусом и запахом. Все исследуемые показатели образца с концентрацией пенициллина 0,016 мг/кг, включая общую оценку, заметно уступали показателям йогурта контрольного образца, полученная разность была статистически достоверна. В то же время наивысшая кислотность йогурта наблюдалась при отсутствии антибиотика. При максимальном содержании антибиотика в продукте количество молочнокислых бактерий составило $3,2 \times 10^4$ КОЕ/мл, а при его отсутствии $3,4 \times 10^8$ КОЕ/мл.

Йогурт, изготовленный из молока без левомицетина, а также образцы с концентрациями 0,00015; 0,0003 и 0,0006 мг/кг имели в меру вязкую однородную консистенцию с ненарушенным сгустком. Изменения основных органолептических показателей йогурта были отмечены при наивысшей концентрации левомицетина – 0,0012 мг/кг. Было отмечено заметное ухудшение запаха и появление постороннего привкуса продукта. Статистически достоверные различия были получены при наивысшей концентрации левомицетина по показателям консистенции, вкуса и по общей балльной оценке.

Библиографический список

1. Ганина В.И. Микробиологическая безопасность молочного сырья / В.И. Ганина А.И. Гриневич Н.Г. Лойко Ж.Л. Гучок // Молочная промышленность. – 2015. – № 11. – С. 22–23.
2. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках/: М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 528 с.
3. Емцев В.Т. Общая микробиология / В.Т. Емцев Е.Н. Мишустин О.В Селицкая. – Сер. 68 Профессиональное образование. – М.: Юрайт, 2017–253 с.
4. Жданова В.М. Общая и частная микробиология / В.М. Жданова С.Я. Гайдомович. – М.: Медицина, 1982. – 496 с.
5. Заугольникова М.А. Изучение контаминации животноводческой продукции остаточными количествами антибиотиков / М.А. Заугольникова В.П. Вистовская // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – № 2 (3). – С. 9–20.
6. Родионов Г.В., Контроль ингибирующих веществ в молоке / Г.В. Родионов Н.А. Акинина Е.В. Ермошина Т.В. Ананьева // Молочная промышленность. – № 2. – 2008 г.
7. Родионов Г.В. Организация производственного контроля качества молока-сырья / Г.В. Родионов Ю.А. Юлдашбаев Ю.А. Кочеткова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. – 2009. – 156 с.
8. Родионов Г.В. Производство молока / Г.В. Родионов О.И. Соловьева. Издание 2-е; испр. и дополн. / М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 215 с.

9. Родионов Г.В. Регулирование численности микроорганизмов в молоке-сыре / Г.В. Родионов С.Л. Белопухов Р.Т. Маннапова О.Г. Дряжных // Известия ТСХА. – 2013. – № 1. – С. 111–119.

10. Fernandez M. Probiotic properties of human lactobacilli strains to be used in the gastrointestinal tract / M.F. Fernandez S. Boris C. Barbes J. Appl. Microbiol. – 2003. – Vol. 94. – P. 449–455.

11. Knorr D. Technology aspects related to microorganisms in functional foods, Trends Food Sci. Technol. – 1998. – Vol. 9. – P. 295–306.

12. Makarijoski B. Estimation the impact of the individual control on raw milk yield, quality and safety / Borche Makarijoski, Stefce presilski, Vesna K. Hristova, Gordana Dimitrovska, Biljana Trajkovska // Scientific Research of the Union of Scientists in Bulgaria – Plovdiv, series B. Natural Sciences and Humanities, Vol. XVII, 11–13 June 2015. – P. 107–111.

13. Ogola H. Effect of mastitis on raw milk compositional quality / H. Ogola A. Shitandi J. Nanua // Journal of Veterinary Science, 2007. 8. – P. 237–242.

EFFECT OF ANTIBIOTICS ON QUALITY AND SAFETY OF RAW MILK AND MILK PRODUCTS

G.V. RODIONOV, O.V. SELITSKAYA, N.M. KOSTOMAKHIN,
A.P. OLESYUK, A.S. AGEYEVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Organic matter of milk is subject to a number of complex changes in its composition and properties under the influence of different factors during storage; new chemical components being formed that significantly change nutritional value, normal appearance, taste and smell of the product. Regulation of biochemical and microbiological reactions in the process of milk storage and processing is an important direction of the dairy industry. The purpose of the experiment was to identify the nature of the differential effects of antibiotics on the chemical composition, microbiological indicators and technological properties of raw milk and dairy products. During the study, it was found that an increase in penicillin concentration lead to a liquid and heterogeneous consistency of yoghurt, with a broken flaky clot, foreign flavor and odor. With the highest content of antibiotics in the product (0.016 mg/kg) the number of lactic acid bacteria was 3.2×10^4 CFU/ml, while in its absence – 3.4×10^8 CFU/ml. Statistically significant differences in the organoleptic properties of yogurt were observed at the highest concentration of levomycetin (0.0012 mg/kg) in terms of consistency, taste, and overall score. In the meanwhile, other studied concentrations of the antibiotic did not affect the consistency, taste and smell of the product.

Key words: penicillin, levomycetin, milk quality, QMAFAnM – Quantity of Mesophilic Aerobic and Facultative Anaerobic Microorganisms, acidity.

References

1. Ganina V.I. Mikrobiologicheskaya bezopasnost' molochnogo syr'ya [Microbiological safety of raw milk] / V.I. Ganina A.I. Grinevich N.G. Loyko Zh.L. Guchok // Molochnaya promyshlennost'. 2015; no.11: 22–23. (In Rus.)

2. Yegorov N.S. Osnovy ucheniya ob antibiotikakh [Fundamentals of antibiotics]. M.: Izd-vo MGU; Nauka, 2004: 528. (In Rus.)

3. Yemtsev V.T. Obshchaya mikrobiologiya [General microbiology] / V.T. Yemtsev Ye.N. Mishustin O.V. Selitskaya. – Ser. 68 Professional'noye obrazovaniye. – M.: Yurait, 2017: 253. (In Rus.)

4. *Zhdanova V.M.* Obshechaya i chastnaya mikrobiologiya [General and specific microbiology] / V.M. Zhdanova, S.Ya. Gaydamovich. – M.: Meditsina, 1982: 496. (In Rus.)
5. *Zaugol'nikova M.A.* Izucheniye kontaminatsii zhivotnovodcheskoy produktsii ostatochnymi kolichestvami antibiotikov [Study of contamination of livestock products with residual amounts of antibiotics] / M.A. Zaugol'nikova V.P. Vistovskaya // Acta Biologica Sibirica. 2016; no. 2 (3): 9–20. (In Rus.)
6. *Rodionov G.V.* Kontrol' ingibiruyushchikh veshchestv v moloke [Control of inhibiting substances in milk] / G.V. Rodionov, N.A. Akinina, Ye.V. Yermoshina, T.V. Anan'yeva // Molochnaya promyshlennost'. No. 2, 2008. (In Rus.)
7. *Rodionov G.V.* Organizatsiya proizvodstvennogo kontrolya kachestva molo-ka-syr'ya [Organization of production quality control of raw milk] / G.V. Rodionov Yu.A. Yuldashbayev Yu.A. Kochetkova. – M.: Izd-vo RGAU–MSKHA. 2009: 156. (In Rus.)
8. *Rodionov G.V.* Proizvodstvo moloka [Milk production] / G.V. Rodionov O.I. Solov'yeva. 2nd ed., reviewed and extended / M.: Izd-vo RGAU-MSKHA, 2017: 215. (In Rus.)
9. *Rodionov G.V.* Regulirovaniye chislennosti mikroorganizmov v moloke-syr'ye [Controlling the number of microorganisms in raw milk] / G.V. Rodionov S.L. Belopukhov R.T. Mannarova O.G. Dryakhlykh // Izvestiya TSKHA. 2013; no.1: 111–119. (In Rus.)
10. *Fernandez M.* Probiotic properties of human lactobacilli strains to be used in the gastrointestinal tract / M.F. Fernandez S. Boris C. Barbes J. Appl. Microbiol. – 2003; vol. 94: 449–455. (In English)
11. *Knorr D.* Technology aspects related to microorganisms in functional foods, Trends Food Sci. Technol. 1998; vol. 9: 295–306. (In English)
12. *Makarijoski B.* Estimation the impact of the individual control on raw milk yield, quality and safety / Borche Makarijoski, Stefce presilski, Vesna K. Hristova, Gordana Dimitrovska, Biljana Trajkovska // Scientific Research of the Union of Scientists in Bulgaria – Plovdiv, series B. Natural Sciences and Humanities, Vol. XVII, 11–13 June 2015: 107–111. (In English)
13. *Ogola H.* Effect of mastitis on raw milk compositional quality / H. Ogola A. Shitandi J. Nanua // Journal of Veterinary Science, 2007. 8: 237–242. (In English)

Родионов Геннадий Владимирович, д-р с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: grodionov@rgau-msha.ru; тел.:84999761262.

Селицкая Ольга Валентиновна, к.б.н., доцент, заведующая кафедрой микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: selitskayaolga@gmail.com; тел.:84999760966.

Костомахин Николай Михайлович, д.б.н., профессор кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: kostomakhin@mail.ru; тел.:84999764040.

Олесюк Анна Петровна, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: annakharkova58@mail.ru; тел.:84999764040.

Агеева Анастасия Сергеевна, аспирант кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: nastya.ageeva93@gmail.com; тел.:84999764040.

Gennadiy V. Rodionov, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: grodionov@rgau-msha.ru; phone: 84999761262.

Olga V. Selitskaya, PhD (Bio), Associate Professor, Head of the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: selitskayaolga@gmail.com; phone: 84999760966

Nikolay M. Kostomakhin, DSc (Bio), Professor, the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: kostomakhin@mail.ru; phone: 84999764040

Anna P. Olesyuk, postgraduate student, the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: annakharkova58@mail.ru; phone: 84999764040.

Anastasiya S. Ageyeva, postgraduate student, the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: nastya.ageeva93@gmail.com; phone: 84999764040.