

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК С УЧЕТОМ ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ

**М.В. Позовникова**, кандидат биологических наук, **В.Б. Лейбова**, кандидат биологических наук, **О.В. Тулинова**, кандидат сельскохозяйственных наук, **Е.А. Романова**, **Ю.С. Щербаков**

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал  
Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста,  
196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Московское ш., 55А  
E-mail: pozovnikova@gmail.com*

*Исследования проводили с целью изучения динамики компонентного состава молока в зависимости от состояния здоровья вымени, определенного методом комбинации количества соматических клеток (КСК) и дифференциального количества соматических клеток (ДКСК) у коров голштинской и айрширской породы. Пробы молока условно разделили на четыре группы. К группе А отнесены пробы от здоровых особей (КСК ≤ 200 тыс. ед/мл, ДКСК ≤ 70 %); в группу В – от животных с подозрением на мастит (КСК ≤ 200 тыс. ед/мл, ДКСК > 70 %); С – от коров с субклинической/клинической формой мастита (КСК > 200 тыс. ед/мл, ДКСК ≤ 70 %); D – от особей хронической формой мастита (КСК > 200 тыс. ед/мл, ДКСК > 70 %). У голштинских коров в группе В, по сравнению с группой А, наблюдали снижение содержания белково-жировых компонентов молока (молочного жира на 6,8 %, молочного белка на 2,9 %, казеина на 2,7 %, сухого вещества на 2,9 % и жирных кислот миристиновой (C14:0) на 9,8 %, пальмитиновой (C16:0) на 8,7 %, олеиновой (C18:1) на 3,0 %, длинно-, средне- и короткоцепочечных (ДЦЖК, СЦЖК, КЦЖК) – на 5,5 %, 8,9 % и 9,6 % соответственно, насыщенных (НЖК) на 8,9 % и мононенасыщенных (МНЖК) на 5,3 % при p ≤ 0,001 и p ≤ 0,05). У айрширских коров в группе В установлено понижение доли C14:0 на 5 % (p ≤ 0,05). Прогрессирование болезни (группа С) и переход в хроническую форму (группа D), по сравнению с группой В, у коров обеих пород сопровождалось снижением процентного содержания лактозы в молоке от 1,9 до 5,2% (p ≤ 0,001).*

## EFFECT OF THE SOMATIC CELL COUNT, TAKING INTO ACCOUNT THEIR MORPHOLOGICAL DIFFERENTIATION, ON THE COMPONENT COMPOSITION OF COW'S MILK

**Pozovnikova M.V., Leibova V.B., Tulinova O.V., Romanova E.A., Shcherbakov Yu.S.**

*Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center  
for Animal Husbandry  
196601, Sankt-Peterburg, Pushkin, Moskovskoe sh., 55A  
E-mail: pozovnikova@gmail.com*

*The aim was carried out in order to study the dynamics of the component composition of milk depending on the health status of the udder, determined by the method of combining the somatic cell count (SCC) and the differential somatic cell count (DSCC) in Holstein and Ayrshire cows. Milk samples were conventionally divided into four groups. Group A includes samples from healthy individuals (SCC ≤ 200 thousand units/ml, DSCC ≤ 70%); group B – from animals with suspected mastitis (SCC ≤ 200 thousand units/ml, DSCC > 70%); C – from cows with subclinical/clinical form of mastitis (SCC > 200 thousand units/ml, DSCC > 70%); D – from individuals with a chronic form of mastitis (SCC > 200 thousand units / ml, DSCC ≤ 70%). In Holstein cows in group B, compared with group A, a decrease in the content of protein-fat components of milk was observed (milk fat by 6.8%, milk protein by 2.9%, casein by 2.7%, solids content by 2, 9% and fatty acids myristic (C14:0) by 9.8%, palmitic (C16:0) by 8.7%, oleic (C18:1) by 3.0%, long-, medium- and short-chain (LCFA, MCFA, SCFA), by 5.5%, 8.9% and 9.6%, respectively, saturated (SFA) by 8.9% and monounsaturated (MUFA) by 5.3% at p ≤ 0.001 and p ≤ 0, 05). Ayrshire cows in group B showed a decrease in the proportion of C14:0 by 5% (p ≤ 0.05). The progression of the disease (group C) and the transition to a chronic form (group D), compared with group B, in cows of both breeds was accompanied by a decrease in the percentage of lactose in milk from 1.9 to 5.2% (p ≤ 0.001).*

**Ключевые слова:** голштинская порода, айрширская порода, жирные кислоты, мастит

**Key words:** Holstein breed, Ayrshire breed, fatty acids, mastitis.

Состояние здоровья животного – важное условие для производства полноценного по составу молока. Наличие воспалительных процессов, как в острой, так и хронической форме приводит к нарушению секреции молока и изменению его качественного состава. Мастит, как одно из самых распространенных заболеваний у молочных коров [1], относится к числу ключевых негативных факторов, влияющих на качество молока, в том числе с точки зрения его безопасности как продукта питания. Воспалительные процессы в молочной железе приводят к сложным изменениям в ее функционировании, что фенотипически проявляется резким снижением удоев [2] (из-за повреждения паренхимы) и изменением белкового состава [3] (в результате повышения проницаемости сосудистой стенки и поступления белков из крови). Кроме того, к маркерам

воспаления можно отнести изменение кислотности молока и содержания лактозы [4].

Один из важных признаков, свидетельствующих о наличии заболевания, – повышение количества соматических клеток (КСК) молока. В небольшом количестве они присутствуют постоянно и состоят в основной своей массе из лимфоцитов, макрофагов и полиморфноядерных нейтрофилов (ПМН) [5]. При воспалительном процессе в вымени не только возрастает суммарное число клеток, но и изменяется их соотношение, а именно значительно увеличивается количество ПМН [6, 7]. Современный доступный метод проточной цитометрии в сочетании с инфракрасной спектроскопией позволяет определить КСК, а также процентное соотношение основных популяций клеток воспалительного ответа, а именно долю лимфоцитов и ПМН в общей сумме клеток (ДКСК –

\*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-16-00049.

Табл. 1. Средние значения КСК и ДКСК в группах проб молока от животных разных пород (Mean± Std.Dev)

Группа	Голштинская			Айрширская		
	n <sup>1</sup>	КСК, тыс. ед./мл	ДКСК, %	n	КСК, тыс. ед./мл	ДКСК, %
Группа А	601	52,23±36,16	21,53±28,27	1304	38,83±32,23	12,46±23,83
Группа В	284	116,62±40,39	77,22±4,42	161	112,38±40,83	76,19±4,34
Группа С	387	980,49±1019,41	82,79±4,98	148	651,97±582,99	81,66±5,31
Группа D	15	290,67±86,97	63,78±5,70	29	345,48±200,11	59,91±14,48
Всего	1287	346,87±695,61 <sup>a</sup>	52,66±35,30 <sup>a</sup>	1642	106,73±252,19 <sup>b</sup>	25,79±33,93 <sup>b</sup>

<sup>a-b</sup>КСК p≤0,001; <sup>a-b</sup>ДКСК p≤0,001;  
<sup>1</sup>число наблюдений

дифференциальное количество соматических клеток). В рамках профилактических мероприятий по выявлению коров, больных субклинической формой болезни этот метод более эффективен, чем общепринятый, который предусматривает оценку состояния здоровья вымени только по уровню КСК [8]. Своевременное выявление мастита, посредством лабораторного исследования проб молока на предмет содержания КСК, до появления клинических признаков заболевания – один из ключевых факторов производства высококачественной и безопасной продукции в молочном скотоводстве.

Цель исследования – изучение динамики компонентного состава молока в зависимости от состояния здоровья вымени, определенного методом комбинации количества соматических клеток (КСК) и дифференциального количества соматических клеток (ДКСК) у коров голштинской и айрширской породы.

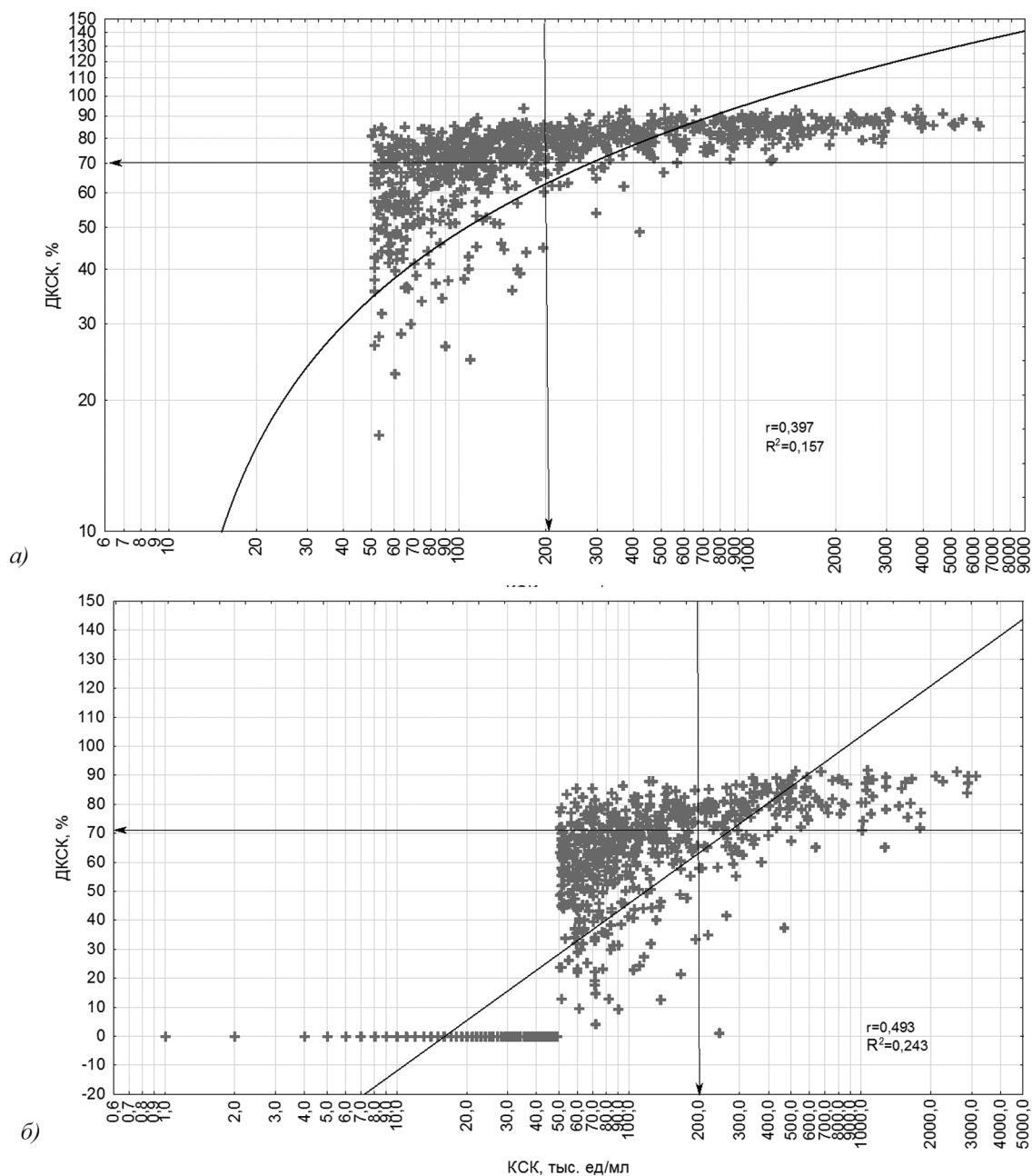
**Методика.** Работу проводили в период с мая 2021 г. по июль 2022 г. в Ленинградской области. В выборку вошли пробы молока коров голштинской породы в количестве 171 головы и айрширской породы в количестве 180 голов. Индивидуальный отбор проб сырого молока проводили ежемесячно в период контрольных доек. Для их стабилизации использовали консервант на основе бронопола и натамицина (Microtabs, США). Лабораторные исследования осуществляли в ЦКП ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста с использованием инфракрасного анализатора FOSS 7 DSCC (Дания). В каждой пробе определяли следующие показатели: жир (МДЖ), %; белок (МДБ), %; казеин, %; лактоза, %; сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), %; сухое вещество (СВ), %; ацетон, мМоль/л; бета-гидроксibuтират (БГБ), мМоль/л; мочевины, мг×100мл-1; точка замерзания (ТЗ), °С; активная кислотность молока (рН); основные жирные кислоты (ЖК), г/100 г молока; насыщенные ЖК (НЖК), в том числе миристиновая (С14:0), пальмитиновая (С16:0), стеариновая (С18:0); мононенасыщенные ЖК (МНЖК), в том числе олеиновая (С18:1), длинноцепочечные ЖК (ДЦЖК), среднецепочечные ЖК (СЦЖК), короткоцепочечные ЖК (КЦЖК), полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), транс-жирные кислоты (ТЖК), количество соматических клеток, тыс. ед./мл и ДКСК, %. После фильтрации полученного массива данных в анализ было включено 1287 записей для голштинских коров и 1642 записи для айрширских коров. При построении графиков для улучшения распределения значений признака проводили логарифмирование исходных величин. Для оценки опосредованного влияния уровня КСК с учетом ДКСК на качественный состав молока проводили условное разделение проб молока выборки согласно методике [9] в модификации, предложенной Серягиным А.А. [10]. При этом в группу А были отнесены пробы от здоровых особей (КСК ≤ 200 тыс. ед./мл, ДКСК ≤ 70

%), в группу В – от животных с подозрением на мастит (КСК ≤ 200 тыс. ед./мл, ДКСК > 70 %); в группу С – от коров с субклинической/клинической формой мастита (КСК > 200 тыс. ед./мл, ДКСК > 70 %); в группу D – от особей с хроническим (персистирующим) маститом (КСК > 200 тыс. ед./мл, ДКСК ≤ 70 %). Математические расчеты проводили с использованием пакета программы STATISTICA 10 («StatSoft, Inc.», США) и Microsoft Excel 2013. Статистические различия между средними считали значимыми при p ≤ 0,05. Расчет и визуализацию корреляции осуществляли в программе R-studio с использованием библиотеки corrplot [11].

**Результаты и обсуждение.** В пробах молока коров голштинской породы максимальное абсолютное КСК составляло 6238 тыс. ед./мл, ДКСК – 93,9 %, у коров айрширской породы – 3114 тыс. ед./мл и 92,1 % соответственно. Средние величины КСК и ДКСК в молоке голштинских коров (табл. 1) были выше, по сравнению с аналогичными показателями у коров айрширской породы, соответственно в 3,2 и 2 раза (p≤0,001). При этом доля проб от условно здоровых животных (группа А) составила 46,69 % и 79,41 %, а условно пораженных субклиническим маститом (группа С) – 30,07 % и 9,01 % у голштинских и айрширских коров соответственно. Визуализация зависимости значений ДКСК от уровня КСК свидетельствует о положительной связи между величинами этих показателей при r=0,397 (p<0,05) для молока коров голштинской породы и при r=0,493 (p<0,05) для айрширской породы (рис. 1).

Анализ средних значения оцениваемых показателей в выборке проб молока голштинских и айрширских коров в зависимости от соотношения КСК/ДКСК свидетельствует о том, что воспалительные заболевания вымени в разной степени выраженности ведут к резким изменениям состава молока коров. Значение КСК в целом отражает воспаление вымени, а величина ДКСК служит критерием, по которому можно судить о стадии развития заболевания. Так, в начале развития мастита, когда уровень КСК не превышает 200 тыс. ед./мл, но уже можно наблюдать повышение числа ПМН, которое следует рассматривать как первичный иммунный ответ, происходит снижение белково-жировых компонентов молока на фоне повышения лактозы (группа В). Прогрессирование болезни (группа С) и переход в хроническую форму (группа D) показывает прямо противоположную картину, что может быть обусловлено как компенсационным эффектом, так и патофизиологическими процессами, протекающими в молочной железе [12].

У голштинских коров в группе В, по сравнению с группой А, наблюдали значимое снижение содержания молочного белка и казеина (p≤0,05), СВ (p≤0,001), молочного жира (p≤0,001) и большинства жирных кислот (p≤0,001; p≤0,05) за исключением С18:0, ПНЖК и ТЖК



**Рис. 1. График линейной зависимости уровня ДКСК от КСК в выборке проб молока: а) коров голштинской породы; б) коров айрширской породы (вертикальной и горизонтальной стрелкой указаны пороговые линии для КСК – 200 тыс. ед./мл, для ДКСК – 70 %).**

(табл. 2). Состояние субклинического или клинического мастита (группа С) характеризовалось изменением компонентного состава молока, по сравнению с молоком коров группы А, в сторону увеличения белка и казеина ( $p \leq 0,05$ ), снижением лактозы ( $p \leq 0,001$ ) и мочевины ( $p \leq 0,001$ ). В жирнокислотном составе молока повышалась доля МНЖК ( $p \leq 0,05$ ), ПНЖК ( $p \leq 0,001$ ) и ТЖК ( $p \leq 0,001$ ). В группе D (персистирующий мастит), относительно группы А, установлено повышение содержания белка и казеина ( $p \leq 0,05$ ), СВ ( $p \leq 0,001$ ), жира ( $p \leq 0,01$ ), сопряженное с увеличением уровня всех жирных кислот ( $p \leq 0,001$ ;  $p \leq 0,05$ ) за исключением ТЖК. Показатель лактозы был существенно снижен ( $p \leq 0,001$ ). В группе В, относительно групп С и D, установлено снижение содержания белка, казеина ( $p \leq 0,001$ ), СВ, ( $p \leq 0,001$ ),

МДЖ и жирных кислот кроме ТЖК ( $p \leq 0,001$ ), а также СОМО, но только относительно группы С ( $p \leq 0,05$ ). Между группами С и D также выявлены некоторые различия, а именно, в группе D возрастали значения МДЖ ( $p \leq 0,001$ ), жирных кислот, кроме ТЖК ( $p \leq 0,001$ ;  $p \leq 0,05$ ), СВ ( $p \leq 0,05$ ), мочевины ( $p \leq 0,05$ ) и снижался уровень лактозы ( $p \leq 0,05$ ).

У айрширских коров (табл. 3) при начальной стадии воспалительного процесса в вымени (группа В) не выявлено значимых изменений в составе молока, по сравнению с группой А, за исключением снижения доли миристиновой ЖК (С14:0) ( $p \leq 0,001$ ). В группе С, по сравнению с группой А, установлено повышение СОМО ( $p \leq 0,001$ ) и доли некоторых жирных кислот, а именно С14:0 ( $p \leq 0,05$ ), С18:1 ( $p \leq 0,05$ ), ПНЖК ( $p \leq 0,05$ ) и ТЖК

**Табл. 2. Распределение средних значений основных компонентов молока в зависимости от уровня ДКСК и КСК в пробах молока коров голштинской породы (Mean± Std.Dev)**

Показатель	Группа			
	A (n=601)	B (n=284)	C (n=387)	D (n=15)
МДЖ, %	3,81±0,97 <sup>b</sup>	3,55±0,92 <sup>a</sup>	3,96±0,93 <sup>b</sup>	5,03±1,28 <sup>a,b</sup>
МДБ, %	3,14±0,44 <sup>A</sup>	3,05±0,41 <sup>A,B</sup>	3,23±0,45 <sup>B</sup>	3,48±0,46 <sup>B</sup>
Лактоза, %	4,81±0,16 <sup>a</sup>	4,83±0,15 <sup>a</sup>	4,74±0,19 <sup>A</sup>	4,58±0,26 <sup>B</sup>
СОМО, %	8,87±0,47	8,80±0,45 <sup>A</sup>	8,89±0,47 <sup>B</sup>	9,03±0,50
СВ, %	12,61±1,25 <sup>b</sup>	12,25±1,15 <sup>a</sup>	12,72±1,20 <sup>b,A</sup>	13,84±1,28 <sup>a,b</sup>
Казеин, %	2,63±0,38 <sup>A</sup>	2,56±0,36 <sup>A,B</sup>	2,70±0,38 <sup>B</sup>	2,91±0,39 <sup>B</sup>
Ацетон, мМоль/л	0,072±0,055	0,076±0,053	0,077±0,048	0,099±0,085
БГБ, мМоль/л	0,044±0,036	0,043±0,035	0,047±0,036	0,053±0,035
Мочевина, мг×100мг <sup>-1</sup>	43,01±6,94 <sup>a</sup>	41,71±7,00	40,33±7,79 <sup>b,A</sup>	46,31±5,82 <sup>B</sup>
ТЗ, °С	-0,528±0,008	-0,528±0,006	-0,527±0,012	-0,530±0,007
pH	6,55±0,07	6,55±0,06	6,53±0,06	6,53±0,07
C14:0, г/100 г	0,41±0,11 <sup>b,A</sup>	0,37±0,10 <sup>a</sup>	0,41±0,10 <sup>b,A</sup>	0,49±0,09 <sup>b,B</sup>
C16:0, г/100 г	1,03±0,24 <sup>b</sup>	0,94±0,21 <sup>a,b</sup>	1,03±0,24 <sup>b</sup>	1,28±0,31 <sup>a,b</sup>
C18:0, г/100 г	0,28±0,07 <sup>b</sup>	0,27±0,07 <sup>b,A</sup>	0,29±0,08 <sup>b,B</sup>	0,38±0,12 <sup>a</sup>
C18:1, г/100 г	1,01±0,227 <sup>a,A</sup>	0,96±0,24 <sup>B,d</sup>	1,05±0,24 <sup>a,c</sup>	1,36±0,50 <sup>b,d</sup>
ДЦЖК, г/100 г	1,27±0,31 <sup>a,A</sup>	1,20±0,34 <sup>d,B</sup>	1,31±0,32 <sup>c</sup>	1,72±0,63 <sup>b,c,d</sup>
СЦЖК, г/100 г	1,57±0,42 <sup>a</sup>	1,43±0,36 <sup>b,c</sup>	1,58±0,40 <sup>c,d</sup>	2,00±0,45 <sup>b,d</sup>
МНЖК, г/100 г	0,94±0,21 <sup>a,A</sup>	0,89±0,23 <sup>a,B,c</sup>	0,98±0,22 <sup>a,B,d</sup>	1,26±0,49 <sup>b</sup>
ПНЖК, г/100 г	0,10±0,02 <sup>b</sup>	0,09±0,02 <sup>b</sup>	0,11±0,02 <sup>a,b</sup>	0,13±0,03 <sup>a,b</sup>
НЖК, г/100 г	2,59±0,68 <sup>b</sup>	2,36±0,61 <sup>a,b</sup>	2,64±0,65 <sup>b</sup>	3,4±0,71 <sup>a,b</sup>
КЦЖК, г/100 г	0,52±0,15 <sup>b</sup>	0,47±0,13 <sup>a,b</sup>	0,52±0,14 <sup>b</sup>	0,67±0,12 <sup>a,b</sup>
ТЖК, г/100 г	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,03	0,06±0,03 <sup>b</sup>	0,06±0,05

значения достоверных различий между группами: <sup>a-b, c-d</sup> p≤0,001; <sup>A-B</sup> p≤0,05

(p≤0,05), но снижение уровня лактозы (p≤0,001). Для группы D, относительно группы A, показано повышение содержания белка и казеина (p≤0,001), а также уменьшение лактозы (p≤0,001). Различие в компонентном составе

проб молока в группе С при сопоставлении с группой В заключалось в снижении содержания лактозы (p≤0,001). Сравнительный анализ групп С и D показал, что переход в хроническую форму течения мастита сопровождается

**Табл. 3. Распределение средних значений основных компонентов молока в зависимости от уровня ДКСК и КСК в пробах молока коров айрширской породы (Mean± Std.Dev)**

Показатель	Группа			
	A (n=1304)	B (n=161)	C (n=148)	D (n=29)
МДЖ, %	3,99±0,64	3,88±0,59 <sup>A</sup>	4,01±0,75	4,26±0,86 <sup>B</sup>
МДБ, %	3,23±0,36 <sup>a</sup>	3,21±0,32 <sup>a</sup>	3,24±0,37	3,52±0,46 <sup>b</sup>
Лактоза, %	4,80±0,15 <sup>a</sup>	4,80±0,13 <sup>a</sup>	4,70±0,22 <sup>a,b</sup>	4,57±0,26 <sup>b</sup>
СОМО, %	9,02±0,40 <sup>A</sup>	9,01±0,35	8,92±0,45 <sup>B</sup>	9,11±0,52
СВ, %	12,81±0,80	12,70±0,76 <sup>A</sup>	12,74±0,93 <sup>A</sup>	13,17±1,13 <sup>B</sup>
Казеин, %	2,69±0,30 <sup>a</sup>	2,68±0,27 <sup>a</sup>	2,69±0,30	2,91±0,37 <sup>b</sup>
Ацетон, мМоль/л	0,132±0,119	0,122±0,080	0,131±0,128	0,149±0,104
БГБ, мМоль/л	0,094±0,124	0,085±0,091	0,103±0,171	0,116±0,122
Мочевина, мг×100 мг <sup>-1</sup>	34,55±7,03	35,06±6,10	34,35±6,69	32,58±6,78
ТЗ, °С	-0,529±0,006	-0,528±0,006	-0,527±0,006	-0,529±0,007
pH	6,54±0,11	6,55±0,10	6,55±0,09	6,50±0,12
C14:0, г/100 г	0,40±0,08 <sup>A</sup>	0,38±0,06 <sup>B</sup>	0,38±0,09 <sup>B,C</sup>	0,42±0,09 <sup>D</sup>
C16:0, г/100 г	0,99±0,19	0,95±0,16	0,97±0,20	1,03±0,20
C18:0, г/100 г	0,36±0,10	0,35±0,09	0,37±0,11	0,38±0,15
C18:1, г/100 г	1,04±0,24 <sup>A</sup>	1,02±0,22	1,09±0,28 <sup>B</sup>	1,13±0,36
ДЦЖК, г/100 г	1,33±0,33	1,31±0,30	1,38±0,39	1,40±0,51
СЦЖК, г/100 г	1,56±0,30	1,50±0,25	1,50±0,31	1,65±0,33
МНЖК, г/100 г	0,97±0,23	0,96±0,20	1,02±0,26	1,07±0,33
ПНЖК, г/100 г	0,11±0,03 <sup>A</sup>	0,11±0,02	0,12±0,03 <sup>B</sup>	0,12±0,04
НЖК, г/100 г	2,66±0,44	2,58±0,38 <sup>A</sup>	2,64±0,48	2,84±0,52 <sup>B</sup>
КЦЖК, г/100 г	0,53±0,10	0,53±0,09	0,54±0,11	0,57±0,12
ТЖК, г/100 г	0,07±0,04 <sup>A</sup>	0,07±0,03	0,08±0,04 <sup>B</sup>	0,09±0,06

Значения достоверных различий между группами: <sup>a-b</sup> p≤0,001; <sup>A-B, C-D</sup> p≤0,05



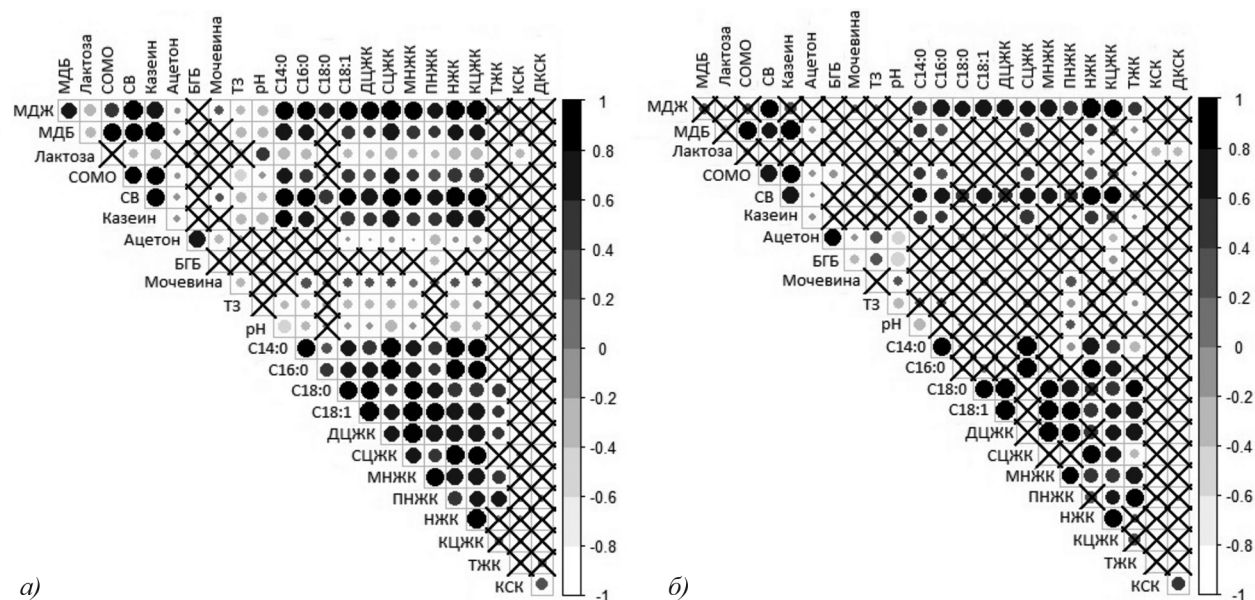


Рис. 2. Корреляционная матрица анализируемых признаков проб молока коров: а) голштинской породы, б) айрширской породы (площади кружков показывают абсолютное значение соответствующих коэффициентов корреляции, чем она больше, тем выше величина коэффициента; интенсивность цвета кружка показывает направление корреляции и соответствует цветовой шкале на графике: от темно-серой до черной – положительная корреляция; от светлой до белой – отрицательная корреляция; × – значение не достоверны).

повышением содержания белка и казеина ( $p \leq 0,001$ ), СВ ( $p \leq 0,05$ ) и доли С14:0 ( $p \leq 0,05$ ), а также падением уровня лактозы ( $p \leq 0,001$ ).

В целом в значительной части выборки проб молока голштинских коров отмечены признаки воспалительных заболеваний вымени разной степени выраженности. Литературные данные свидетельствуют о том, что животные этой породы менее маститоустойчивы, чем коровы айрширской породы. Это может быть обусловлено такими факторами, как морфофункциональные особенности вымени [13], уровень молочной продуктивности [14], а также целенаправленной селекцией на устойчивость к маститу, которая популярна среди айрширских стад России [15].

Анализ корреляционной матрицы изучаемых признаков (рис. 2) показал в молоке голштинских коров наличие достоверных связей только между содержанием лактозы и КСК ( $r = -0,271$  при  $p < 0,05$ ), айрширских коров – между уровнем лактозы с КСК и ДКСК ( $r = -0,255$  и  $r = -0,0258$  при  $p < 0,05$  соответственно). Полученные нами данные согласуются с результатами крупномасштабного исследования, проведенного на 5-и породах молочного и молочно-мясного скота из Китая и таких европейских стран как Австрия, Эстония, Германия и Испания [9]. В совокупности с результатами других исследователей, это позволяет выдвинуть предположение о том, что содержание лактозы может служить дополнительным надежным маркером для диагностики субклинического мастита коров [16, 17].

Таким образом, компонентный состав молока коров подвержен изменениям в зависимости от состояния здоровья вымени. Метод на основе определения комбинации КСК и ДКСК, использованный в исследовании, позволяет выявить животных на более ранней фазе развития болезни (группа В). У голштинских коров группы В установлено ухудшение качества молока, выраженное в снижении содержания белково-жировых фракций (молочного белка и казеина ( $p \leq 0,05$ ), СВ ( $p \leq 0,001$ ), молочного жира ( $p \leq 0,001$ ) и доли жирных

кислот таких как миристиновая (С14:0) пальмитиновая (С16:0), олеиновая (С18:1), длинно-, средне- и короткоцепочечных ЖК, насыщенных ЖК и мононенасыщенных ЖК ( $p \leq 0,001$ ;  $p \leq 0,05$ ). Для айрширских коров значимых изменений не выявлено, кроме уменьшения доли миристиновой ЖК (С14:0) ( $p \leq 0,001$ ). В пробах, соответствующих клиническому/субклиническому и хроническому маститу (группа С и D), по сравнению с группой В установлено снижение содержания лактозы в молоке коров обеих пород ( $p \leq 0,001$ ). Таким образом, изменение компонентного состава молока наблюдается уже на этапе первичного иммунного ответа в вымени, что особенно выражено у коров голштинской породы. По мере прогрессирования мастита динамика состава молока у животных голштинской и айрширской породы имеет сходный характер.

#### Литература.

1. Nalon E., Stevenson P. Protection of dairy cattle in the EU: State of play and directions for policymaking from a legal and animal advocacy perspective // *Animals*. 2019. Vol. 9(12). P. 1066. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/12/1066> (дата обращения: 10.08.2022). doi: 10.3390/ani9121066.
2. The effects of somatic cell count on milk yield and milk composition in Holstein cows / E. Kul, A. Sahin, S. Atasever, et al. // *Veterinarski arhiv*. 2019. Vol. 89(2). P. 143-154. doi: 10.24099/vet.arhiv.0168.
3. Impact of somatic cell count combined with differential somatic cell count on milk protein fractions in Holstein cattle / V. Bisutti, A. Vanzin, A. Toscano, et al. // *Journal of Dairy Science*. 2022. Vol. 105(8). P. 6447-6459. doi: 10.3168/jds.2022-22071.
4. Inline milk lactose concentration as biomarker of the health status and reproductive success in dairy cows / M. Televicius, V. Juozaitiene, D. Malasauskiene, et al. // *Agriculture*. 2021. Vol. 11(1). P. 38. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/1/38> (дата обращения: 10.08.2022). doi: 10.3390/agriculture11010038.

5. Boutinaud M., Jammes H. Potential uses of milk epithelial cells: A review *Reprod. Nutr. Dev.* 2002. Vol. 42. P. 133–147. doi: 10.1051/rnd:2002013.
6. Chengolova Z., Atanasova M., Godjevargova T. Neutrophil and CD4+ milk cell count related to natural incidence of mastitis in Jersey cattle // *Journal of Dairy Research*. 2021. Vol. 88(3). P. 334–336. doi: 10.1017/S0022029921000510.
7. Immune response in nonspecific mastitis: What can it tell us? / F.N. Souza, M.G. Blagitz, C.F. Batista, et al. // *Journal of dairy science*. 2020. Vol. 103(6). P. 5376–5386. doi: 10.3168/jds.2019-17022.
8. Farschtschi S., Mattes M., Pfaffl M.W. Advantages and Challenges of Differential Immune Cell Count Determination in Blood and Milk for Monitoring the Health and Well-Being of Dairy Cows // *Veterinary Sciences*. 2022. Vol. 9(6). P. 255. URL: <https://www.mdpi.com/2306-7381/9/6/255> (дата обращения: 10.08.2022). doi: 10.3390/vetsci9060255.
9. Investigation of dairy cow performance in different udder health groups defined based on a combination of somatic cell count and differential somatic cell count / D. Schwarz, S. Kleinhans, G. Reimann, et al. // *Preventive Veterinary Medicine*. 2020. No. 183. P. 105123. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016758772030444X> (дата обращения: 10.08.2022). doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105123.
10. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока / А.А. Сермягин, И.А. Лашнева, А.А.Косицин и др // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56(6). С. 1183–1198. doi: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus.
11. Package 'corrplot' / T. Wei, V. Simko, M. Levy, et al. // *Statistician*. 2017. Vol. 56(316). e24. URL: [https://peerj.com/articles/9945/Supplemental\\_Data\\_S10.pdf](https://peerj.com/articles/9945/Supplemental_Data_S10.pdf) (дата обращения 31.08.2022).
12. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return / J.L. Goncalves, C. Kamphuis, C.M.M.R. Martins, et al. // *Livestock Science*. 2018. No. 210. P. 25–32. doi: 10.1016/j.livsci.2018.01.016.
13. Морфофункциональные свойства вымени, экстерьерные особенности и молочная продуктивность коров разных пород / Н.М. Костомахин, Г.П. Табаков, Л.П. Табакова и др. // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2020. № 2. С. 64–84. doi: 10.26897/0021-342X-2020-2-64-84.
14. Беликова А.О. Генетические основы устойчивости молочного скота к маститу // *Генетика и разведение животных*. 2022. № 1. С. 47–53. doi: 10.31043/2410-2733-2022-1-47-53.
15. Болгов А.Е., Комлык И.П., Гришина Н.В. Определение и использование индексов племенной ценности быков по соматическим клеткам молока у дочерей при отборе на резистентность к маститу // *Генетика и разведение животных*. 2020. № 1. С. 3–8. doi: 10.31043/2410-2733-2020-1-3-8.
16. Milk Lactose as a Biomarker of Subclinical Mastitis in Dairy Cows / R. Antanaitis, V. Juozaitiene, V. Jonike, et al. // *Animals*. 2021. Vol. 11(6). P. 1736. doi: 10.3390/ani11061736.
17. A large-scale study of indicators of sub-clinical mastitis in dairy cattle by attribute weighting analysis of milk composition features: highlighting the predictive power of lactose and electrical conductivity / E. Ebrahimie, F. Ebrahimi, M. Ebrahimi, et al. // *Journal of dairy research*. 2018. Vol. 85(2). P. 193–200. doi: 10.1017/S0022029918000249.

Поступила в редакцию 08.09.2022

После доработки 12.10.22

Принята к публикации 11.11.2022