

УДК: 636.2.084.11

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2026.3.101-107

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЛАКТАЦИИ И КОРРЕЛЯЦИИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОКА КОРОВ

Савина А.А., Зайцев С.Ю., Игнатъева Л.П.

ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Подольск -Дубровицы Московской обл.

Важная роль компонентов ферментного звена антиоксидантной защиты в периоды: раздоя, пика и спада лактации коров обусловлена резкими физиологическими сдвигами в их организме. Целью работы являлся комплексный анализ физико-химических, технологических и биохимических показателей молока коров, в сочетании с активностью каталазы, в зависимости от стадии лактации. Исследование проведено на трёх группах животных: в период ранней (13–98 дней, n=60), средней (101–190 дней, n=44) и поздней (200–318 дней, n=25) лактации. Особый интерес представляет динамика биохимических маркеров антиоксидантной системы: на поздней стадии (в период спада лактации) зафиксировано резкое увеличение активности каталазы (до 3,53 ед.). Количество соматических клеток умеренно росло, оставаясь в пределах физиологической нормы на фоне закономерного снижения суточного удоя от ранней к поздней стадии (с 26,71 до 20,65 кг). Показано «концентрирование» основных компонентов молока при существенном снижении суточного удоя: массовая доля жира возросла с 3,04% до 3,82%, белка – с 3,08% до 3,62%, а казеина – с 2,52% до 3,04%. При этом уровни лактозы и pH демонстрировали высокую стабильность на протяжении всех лактационных периодов. Полученные данные позволяют глубже понять физиологические особенности коров в разные периоды лактации и могут быть использованы для оптимизации технологической переработки молока и мониторинга здоровья стада.

Ключевые слова: голштинские коровы, биохимия молока, периоды лактации, каталаза, антиоксиданты.

Проблемы биологии продуктивных животных. 2026. 3: 101-107

Введение

Современное молочное животноводство характеризуется экстремально высокой метаболической нагрузкой на организм коров, особенно в транзитный период и на пике лактации. Интенсификация обмена веществ неизбежно ведёт к усиленной генерации активных форм кислорода (АФК), что провоцирует развитие оксидативного стресса (Зялалов, Дежаткина – 2025; Гайдукова, 2020). Оксидативный статус коров напрямую «транслируется» на биохимический состав молока, определяя его биологическую ценность и технологические свойства (Karimi et al. 2015).

Защита компонентов молока от перекисного окисления липидов (ПОЛ) обеспечивается сложной многокомпонентной антиоксидантной системой, в которой ключевую роль играет ферментативное звено, в частности каталаза (Добрянян, 2020) Каталаза является важнейшим звеном детоксикации пероксида водорода, предотвращая образование высокотоксичного гидроксильного радикала (Zaitsev S.Yu., 2025). В молоке каталаза не только защищает нативную структуру различных биологически активных веществ (БАВ) — белков, жиров и т.д., но и служит индикатором физиологического состояния молочной железы (Зайцев С.Ю. и др., 2025).

Важная роль компонентов ферментного звена антиоксидантной (АО) защиты в периоды раздоя, пика и спада лактации обусловлена резкими физиологическими сдвигами в организме коров. В первые 100 дней животное находится в состоянии отрицательного энергетического баланса и максимального риска метаболических расстройств (кетоз, мастит) (Emam, Elmaghawry,

Abdelaal, 2025). Высокий уровень АФК в этот период требует максимальной мобилизации антиоксидантных резервов (Pedernera et al., 2010).

В следующие 100 дней происходит относительная метаболическая стабилизация. (Гиниятуллин, 2016). Исследование ферментативной активности позволяет определить «базовый» физиологический уровень защиты в период середины лактации. На поздних этапах лактации и подготовки к запуску происходит изменение гормонального фона и состава молока, в частности, увеличение содержания соматических клеток (КСК), что может приводить к изменениям активности ферментативной антиоксидантной системы. (Gargouri, Named, ElFeki, 2008).

Несмотря на обилие данных о системном оксидативном стрессе у коров, динамика специфических ферментов непосредственно в секрете молочной железы на поздних этапах лактации остаётся недостаточно изученной. Понимание этих механизмов необходимо для разработки таргетных кормленческих стратегий и улучшения качества молочной продукции.

Целью работы являлся комплексный анализ физико-химических, технологических и биохимических показателей молока коров, в сочетании с активностью каталазы, в зависимости от стадии лактации.

Материалы и методы исследования

По результатам контрольного доения коров голштинской породы (N=129) были сформированы три группы коров по периодам лактации: 1 группа (n=60) – 11-100 дней, 2 группа (n=44) – 101-200 дней, 3 группа (n=25) 201 – 305 дней. Коровы голштинской породы племенного хозяйства «Ладожское». Исследования образцов молока были выполнены в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста в период 2025 год. При формировании групп было использовано молоко высшей категории, количество КСК не более 200 тыс. кл./см³. Во время контрольной дойки отбирали среднюю пробу молока согласно ГОСТ 26809.1-2014, проводили учёт суточного удоя. Анализ проб молока выполнен в лабораториях ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Компонентный состав молока определяли на приборе «Combi Foss 7» (Дания);

Каталаза определялась перманганатометрией (Савина, Воронина, Зайцев, 2023).

Статистическая обработка. Для поиска достоверных отличий статистически значимых различий (при $p < 0,05$) использовался однофакторный дисперсионный анализ Краскела — Уоллиса с последующим попарным сравнением групп по критерию Тьюки.

Результаты и обсуждение

Динамика активности каталазы в связи с продуктивностью голштинских коров и компонентным составом молока в разные периоды лактации представлена в таблице 1.

По мере увеличения количества дней лактации наблюдается закономерное и достоверное снижение суточного удоя с 26,71 кг в первой группе до 20,65 кг в третьей. Снижение объёмов молока компенсируется ростом его плотности, т.к. процент жира, содержание истинного и общего белка, а также казеина достоверно растёт от начала к концу лактации. При этом содержание белка демонстрирует строгое ступенчатое увеличение, подтвержденное на всех этапах межгруппового сравнения. Уровень лактозы и показатель pH остаются исключительно стабильными во всех трех группах. Процесс лактации никак не влияет на их концентрацию в норме.

Количество соматических клеток имеет слабую тенденцию к увеличению к концу лактации (с 61,13 до 86,54 тысяч клеток), однако это различие статистически недостоверно ($p > 0,05$) из-за высокой индивидуальной вариативности коров внутри групп. Важно, что этот параметр находится значительно ниже порога в 200 тысяч клеток, отмеченного в ГОСТ-52054-2023. Соответственно, нет причин говорить о системном ухудшении здоровья вымени по этим данным. Показатели сухого вещества и сухого обезжиренного молочного остатка демонстрируют высоко

достоверный последовательный рост на протяжении всей лактации. Это напрямую коррелирует с увеличением общего белка и жира.

Таблица 1. Средние значения показателей молока для 3-х групп (периодов лактации)

Параметры	1 группа		2 группа		3 группа		Различия
	Ср. знач	Станд. отклон.	Ср. знач	Станд. отклон.	Ср. знач	Станд. отклон.	Достоверность
Дни лактации	52,9	27,3	136,6	28,7	242,1	35,6	1 и 2, $p < 0,05$ 1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
Каталаза, ед	1,99	1,49	1,76	1,33	3,53	1,64	2 и 3 $p < 0,05$
Удой утро, л	13,37	3,06	12,35	2,43	11,38	1,96	1 и 3 $p < 0,05$
Сут. удой, л	26,71	6,73	24,08	4,48	20,65	4,52	1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
Жир, %	3,04	0,73	3,22	0,60	3,82	0,71	1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
Белок ист., %	2,90	0,39	3,16	0,35	3,48	0,38	1 и 2, $p < 0,05$ 1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
Белок общ., %	3,08	0,36	3,32	0,31	3,62	0,34	1 и 2, $p < 0,05$ 1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
Лактоза, %	4,95	0,14	4,98	0,12	4,94	0,12	Нет достоверных различий
СОМО, %	8,79	0,44	9,09	0,38	9,41	0,45	1 и 2, $p < 0,05$ 1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
СВ, %	11,70	0,97	12,16	0,79	13,07	1,00	1 и 2, $p < 0,05$ 1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
pH	6,60	0,05	6,60	0,06	6,59	0,05	Нет достоверных различий
КСК, тыс.кл.	61,13	43,91	71,36	55,53	86,54	51,62	Нет достоверных различий
Бета-Казеин	2,52	0,38	2,70	0,33	3,04	0,30	1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$
ТЗ	527,41	11,41	526,67	12,77	539,86	6,36	1 и 3, $p < 0,05$ 2 и 3 $p < 0,05$

Примечание: Сут. удой – суточный удой, СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток, СВ – сухое вещество, КСК – количество соматических клеток (тыс.кл. - тысяч клеток), ТЗ – точка замерзания.

Условный показатель точки замерзания (в таблице зафиксирован в целых числах, эквивалентных тысячным долям градуса) стабилен в первые два периода, но достоверно возрастает в 3-й группе, что указывает на изменение осмотического давления молока на поздних сроках лактации.

Таблица 2. Корреляции между показателями молока для 3-х периодов лактации

	1 группа		2 группа		3 группа	
Параметры	Дни лактации	Каталаза, ед.	Дни лактации	Каталаза, ед.	Дни лактации	Каталаза, ед.
Каталаза, ед	-0,19	1,00	-0,02	1,00	-0,73	1,00
Удой утро	0,02	0,20	0,10	0,14	-0,11	-0,12
Сут. удой	-0,24	0,25	-0,04	0,30	-0,40	-0,22
Жир, %	-0,32	-0,20	0,23	0,06	0,50	0,55
Белок ист, %	-0,17	-0,06	0,17	0,04	0,77	-0,72
Белок общ, %	-0,19	-0,06	0,18	0,04	0,76	-0,72
Лактоза, %	0,13	0,05	-0,16	0,13	0,07	0,09
СОМО, %	-0,18	-0,05	0,13	0,09	0,72	-0,63
СВ, %	-0,29	-0,18	0,23	0,05	0,65	-0,05
pH	-0,15	-0,02	-0,36	0,15	0,10	0,90
КСК	0,05	0,17	0,17	-0,05	0,48	-0,59
Бета-Казеин	-0,17	-0,30	0,15	-0,30	0,73	-0,70
ТЗ	-0,57	0,32	0,26	0,19	0,12	0,82

Примечание: до 0,25 – слабые корреляции; 0,26-0,50 – корреляции средней силы; 0,51-0,75 – сильные корреляции; 0,76-1,00 – очень сильные корреляции. СУТ. удой – суточный удой, СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток, СВ – сухое вещество, КСК – количество соматических клеток, ТЗ – точка замерзания.

Опираясь на данные корреляционного анализа (таб. 2), можно отметить, что к третьему периоду лактации корреляционных связей отмечается больше. На спаде лактации активность каталазы сильно отрицательно коррелирует с днями лактации ($r = -0,73$), проявляется отрицательная корреляция дней лактации ($r = -0,40$) с суточным удоём, положительная с жиром ($r = 0,50$); с белком ($r = 0,77$); с казеином ($r = 0,73$); с СОМО ($r = 0,72$); с СВ ($r = 0,65$); с КСК ($r = 0,48$). Каталаза отрицательно коррелирует в этом периоде с белком (как общим, так и истинным, $r = -0,72$); с казеинами ($r = -0,70$); с СОМО ($r = -0,63$); с КСК ($r = -0,59$); Положительно коррелирует с жиром ($r = 0,55$) и точкой замерзания ($r = 0,82$). При расчёте разницы между общим и истинным белком, можно оценить суммарный «вклад» небелковых азотистых соединений (мочевину, аммиак, аминокислоты и т.п.) в компонентный состав молока. Этот «вклад» составляет 0,18% (гр. 1), 0,16% (гр. 2), 0,14% (гр. 3), т.е. мало изменяется в течение лактации. Поэтому были обнаружены слабые корреляции этого «вклада» с каталазой: 0,14 и -0,08 для 1 и 2 групп, соответственно, а для 3 группы - 0,68, что является сильной положительной корреляцией, но это связано с рядом других причин, обсуждаемых ниже.

Полученные нами данные свидетельствуют о стабильной и физиологически значимой роли каталазы, как важного металлопротеина и одного из ключевых компонентов антиоксидантной системы молока на протяжении всего лактационного периода.

При перестройке физиолого-биохимического профиля к третьему периоду (спад лактации) наблюдаемое снижение суточного удоёя по мере увеличения дней лактации сопровождается классическим «эффектом концентрирования БАВ» — ростом содержания жира, белка, казеина и

СОМО. Одновременное небольшое увеличение количества соматических клеток отражает естественные физиологические процессы инволюции секреторной ткани вымени и закономерное повышение проницаемости гематомолочного барьера.

Отрицательная связь каталазы с днями лактации указывает на перестройку антиоксидантного профиля молока на поздних сроках лактации. Метаболические пути этих ферментов могут пересекаться на разных уровнях, следствием чего, может быть как реципрокная их регуляция, где на фоне угасания активности одного фермента, обеспечение антиоксидантного потенциала начинает выполнять другой металлопротеин, так и синергичное действие. (Silanikove, Merin, Leitner, 2014; Белова, Карякина, 2010). Отрицательные корреляции активности каталазы с белковыми фракциями и СОМО, по всей видимости, носят вторичный характер и обусловлены снижением синтеза самого фермента на фоне общего сгущения молока и падения продуктивности. Кроме того, содержание каталазы как самого белка является незначительным на фоне казеинов и других белков молока. Поэтому корреляции каталазы с общим и истинным белком, с белковыми фракциями и СОМО не отражает всей совокупности метаболических процессов, но является индикатором здоровья животных с учетом низкого содержания КСК.

Отдельного внимания заслуживает сильная положительная корреляция активности каталазы с такой качественной характеристикой молока как точка замерзания молока. Известно, что значение точки замерзания привязано к осмотически значимым компонентами — прежде всего, к лактозе и минеральными солями. Сдвиг точки замерзания ближе к нулю (ее повышение) в конце лактации традиционно ассоциирован со снижением секреции лактозы и изменением ионного равновесия (характерным для инволюции или субклинических воспалительных процессов).

Заключение

Таким образом, сопряжённая динамика активности каталазы с физико-химическими и технологическими и биохимическими показателями молока коров отражает их сложные зависимости от стадии лактации. Указанные показатели молока, особенно - на спаде лактации, могут служить возможными прогностическими биомаркерами для оценки физиологического статуса молочной железы коров перед переводом в сухостойный период.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР 2024-2026: 124020200032-4).

Список литературы

1. Боголюбова Н.В., Рыков Р.А. Показатели антиоксидантной защиты организма молочных коров в зависимости от фазы лактации и физиологического состояния. Аграрная наука. 2022; (5): 27-31. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-27-31>
2. Гайдукова Е.М. Влияние скормливания кормовых добавок экостимул-2 и active mix на продуктивность, обмен веществ и репродуктивные качества коров в период раздоя. Диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. 2020
3. Гиниятуллин Ш.Ш. Кормление коров по периодам лактации и организация раздоя коров. Российский электронный научный журнал. 2016; (1): 19.
4. Добрян Е.И. Антиоксидантная система молока //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020; 82 (2 (84)): 101-106. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-101-106>.
5. Зайцев С.Ю., Воронина О.А., Колесник Н.С., Сивкина О.Н., Сермягин А.А., Осадчая О.Ю. Биохимические и физико-химические методы исследования молока коров: монография. – Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2024. – 392 с.
6. Зялалов Ш.Р., Дежаткина С.В. Обмен веществ и продуктивность коров на фоне применения добавки структурированного и обогащенного бионутриентами цеолита. - Ульяновск: УлГАУ, 2025. - 160 с.

7. Савина А.А., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Сезонные закономерности изменения антиоксидантных и микроэлементных параметров молока коров черно-пестрой породы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(5): 858-867. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.858-867>
8. Albera E., Kankofer M.. Antioxidants in colostrum and milk of sows and cows. *Reproduction in Domestic Animals*. 2009; 44 (4): 606-611. DOI: [10.1111/j.1439-0531.2007.01027.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01027.x)
9. Emam M.H., Elmaghawry S., Abdelaal A.M. Transition period in dairy cows: Monitoring, challenges, and future perspectives. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*. 2025; 56(11): 2849-2859. DOI:[10.21608/ejvs.2024.299502.2196](https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.299502.2196)
10. Gargouri A., Hamed H., ElFeki A. Total and differential bulk cow milk somatic cell counts and their relation with lipolysis. *Livestock Science*. 2008; 113(2-3): 274-279. DOI: [10.1016/j.crvl.2007.11.008](https://doi.org/10.1016/j.crvl.2007.11.008)
11. Karimi N. et al. Relationships between trace elements, oxidative stress and subclinical ketosis during transition period in dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 2015; 7(2): 46-56.
12. Kleczkowski M. et al. Association between acute phase response, oxidative status and mastitis in cows. *Veterinarska stanica*. 2017; 48 (3): 177-186.
13. Pedernera M. et al. Effect of diet, energy balance and milk production on oxidative stress in early-lactating dairy cows grazing pasture. *The Veterinary Journal*. 2010; 186 (3): 352-357. DOI: [10.1016/j.tvjl.2009.09.003](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.09.003)
14. Silanikove N., Merin U., Leitner G. Nitrite and catalase levels rule oxidative stability and safety properties of milk: a review. *RSC advances*. 2014; 4(50): 26476-26486. DOI:[10.1039/c4ra03851g](https://doi.org/10.1039/c4ra03851g)
15. Zaitsev S.Y. Major Antioxidants and Methods for Studying Their Total Activity in Milk: A Review. *Methods and Protocols*. 2025; V.8(6), 139. <https://doi.org/10.3390/mps8060139>

References (for publications in Russian)

1. Bogolyubova N.V., Rykov R.A. Antioxidant defense parameters in dairy cows depending on the lactation phase and physiological state. *Agrarian Science*. 2022; (5): 27-31. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-27-31>
2. Gaidukova E.M. Effect of feeding ecostimul-2 and active mix feed additives on productivity, metabolism, and reproductive performance of cows during the milking period. Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. 2020.
3. Giniyatullin Sh.Sh. Feeding cows according to lactation periods and organizing milking in cows. *Russian Electronic Scientific Journal*. 2016; (1): 19.
4. Dobriyan E.I. Antioxidant system of milk // *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020; 82 (2 (84)): 101-106. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-101-106>.
5. Zaitsev S.Yu., Voronina O.A., Kolesnik N.S., Sivkina O.N., Sermyagin A.A., Osadchaya O.Yu. Biochemical and physicochemical methods for studying cow's milk: monograph. - Dubrovitsy: VIZh im. L.K. Ernst, 2024. – 392 p.
6. Zyalalov S.R., Dezhatkina S.V. Metabolism and productivity of cows against the background of the use of structured and bionutrient-enriched zeolite supplement. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University, 2025. - 160 p.
7. Savina A.A., Voronina O.A., Zaitsev S.Y. Seasonal patterns of changes in antioxidant and microelement parameters of milk of Black-and-White cows. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2023; 24(5): 858-867. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.858-867>.

UDC: 636.2.084.11

Dynamics of catalase activity at different stages of lactation and correlations with cow milk indicators

Savina A.A., Zaitsev S.Yu., Ignatieva L.P.

*Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk -Dubrovitsy,
Moscow Region*

ABSTRACT. The important role of components of the enzymatic antioxidant defense system during periods of milking: the beginning, the height, and the decline of lactation in cows is due to dramatic physiological shifts in their bodies. The aim of the work was a comprehensive analysis of the physicochemical, technological and biochemical parameters of cow's milk, in combination with catalase activity, depending on the stage of lactation. The study was conducted using three groups of animals: at the beginning (13–98 days, n=60), the height (101–190 days, n=44), and the decline (200–318 days, n=25) of lactation. Of particular interest was the dynamics of biochemical markers of the antioxidant system: a sharp increase in catalase activity (up to 3.53 units) was recorded at the late stage (at the decline of lactation). Somatic cell counts increased moderately, remaining within physiological limits, despite a predictable decrease in daily milk yield from the beginning to the decline of lactation (from 26.71 to 20.65 kg). A "concentration" of the major milk components was demonstrated, accompanied by a significant decrease in daily milk yield: fat content increased from 3.04% to 3.82%, protein content from 3.08% to 3.62%, and casein content from 2.52% to 3.04%. Lactose and pH levels remained highly stable throughout lactation periods. The data obtained provide a deeper understanding of the physiological characteristics of cows at different periods of lactation and can be used to optimize milk processing and monitor herd health.

Keywords: *Holstein cows, milk biochemistry, lactation stages, catalase, antioxidants.*

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh (Productive Animal Biology). 2026. 3: 101-107

Поступило в редакцию: 20.06.2026

Получено после доработки: 08.09.2026

Сведения об авторах:

Савина Анастасия Анатольевна, н.с., e-mail: KiraBlackFire@mail.ru;

Зайцев Сергей Юрьевич, д.х.н., д.б.н., в.н.с., руководитель группы,
e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru;

Игнатьева Лариса Павловна, к.-с.-х. н., зав. лаб, e-mail: ignatieva-lp@mail.ru