doi:10.18286/1816-4501-2026-3-195-201
УДК: 636.2.034:636.087.7

Влияние разных уровней витамина Е в рационе лактирующих коров на молочную продуктивность и жирнокислотный состав молока

Е. В. Туаева[1], доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Р. В. Некрасов[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор
И. П. Новгородова[1], кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
М. Г. Чабаев[1], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
[1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»
142132, Россия, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60
✉tuaeva80@mail.ru

Резюме. Работу проводили с целью изучения влияния различных уровней витамина Е на рационы лактирующих коров, на количественные и качественные показатели молочной продуктивности и жирнокислотный состав молока. Научно-хозяйственный опыт был проведен на лактирующих коровах черно-пестрой голштинской породы в условиях ООО «СП» Нива» (Московская область, Серебряные Пруды), на 30 головах коров в течение 100 дней лактации (с 30 по 131 день). Животные были разделены на три группы: контрольная (С), которой скармливали витамин Е по нормам ВИЖ (43,5 мг/кг сухого вещества (СВ)); 1-я опытная (Е115) – с превышением на 15 % от потребности (50,0 мг или 1,15 г на 1 кг СВ); 2-я опытная (Е125) – с превышением на 25 % от потребности (54,4 мг и 1,25 г на 1 кг СВ). Исследования молока были проведены на инфраспектрометрическом анализаторе CombiFoss 7 DCC (Дания) в отделе популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Был выявлен выраженный эффект витамина Е по отношению к мононенасыщенным жирным кислотам. Так в группе Е125 их содержание достоверно увеличилось на 23,5 % (1,05±0,08 против 0,85±0,04 в контрольной группе, P<0,05). В этой же группе была отмечена тенденция к повышению содержания длинноцепочечных жирных кислот на 17,8 % (1,39±0,10 против 1,18±0,06 в контрольной группе, P<0,1). Повышенные уровни витамина Е не оказали достоверного влияния на молочную продуктивность и массовую долю жира и белка.

Ключевые слова: витамин Е, коровы, лактация, молочная продуктивность, жирнокислотный состав молока, мононенасыщенные жирные кислоты, антиоксиданты, качество молока, кормление.
Для цитирования: Влияние разных уровней витамина Е в рационе лактирующих коров на молочную продуктивность и жирнокислотный состав молока / Е. В. Туаева, Р. В. Некрасов, И. П. Новгородова и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 3 (75). С. 195-201. doi:10.18286/1816-4501-2026-3-195-201

The effect of different levels of vitamin e in the diet of lactating cows on milk production and milk fatty acid composition

E. V. Tuaeva[1]✉, R. V. Nekrasov[2], I. P. Novgorodova[1], M. G. Chabaev[1]
[1]Federal State Budgetary Scientific Institution, "Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst
[2]All-Russian Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition - Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution, "Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst
142132, Russia, Moscow Region, Podolsk Urban District, Dubrovitsy Settlement, 60
✉tuaeva80@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to investigate the effect of different levels of vitamin E in lactating cow diets on the quantitative and qualitative parameters of milk productivity and the fatty acid composition of milk. The scientific and economic experiment was conducted on lactating Black-and-White Holstein cows in the conditions of OOO SP Niva (Moscow Region, Serebryanye Prudy), on 30 cows within 100 days of lactation (from 30 to 131 days). The animals were divided into three groups: control (C), which was given vitamin E according to the VIZh standards (43.5 mg/kg of dry matter (DM)); 1st experimental (E115) — with an excess of 15% of the requirement (50.0 mg or 1.15 g per 1 kg of DM); 2nd experimental (E125) — with an excess of 25% of the requirement (54.4 mg and 1.25 g per 1 kg of DM). Milk was analyzed using a CombiFoss 7 DCC infraspectrometric analyzer (Denmark) in the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding at Federal Research Center for Animal Husbandry named after L.K. Ernst. A significant effect of vitamin E on monounsaturated fatty acids was observed, with the E125 group significantly increasing their content by 23.5% (1.05±0.08 versus 0.85±0.04 in the control group, p<0.05). In the same group, a trend towards an increase in long-chain

fatty acid content by 17.8% was noted (1.39±0.10 versus 1.18±0.06 in the control group, p<0.1). Increased vitamin E levels did not significantly affect milk productivity or the mass fraction of fat and protein.
Keywords: vitamin E, cows, lactation, milk productivity, milk fatty acid composition, monounsaturated fatty acids, antioxidants, milk quality, feeding.
For citation: The effect of different levels of vitamin e in the diet of lactating cows on milk production and milk fatty acid composition / E. V. Tuaeva, R. V. Nekrasov, I. P. Novgorodova, et al. // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.3 (75): 195-201 doi:10.18286/1816-4501-2026-3-195-201

Работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ № FGGN-2024- 0016

Введение

В современном молочном скотоводстве особое внимание уделяется повышению качественных показателей молока при одновременном увеличении продуктивности животных. Витамин Е является одним из антиоксидантов, играющих важную роль в защите клеточных мембран от окислительного стресса, что особенно значимо для высокопродуктивных молочных коров [1]. Недостаточное поступление витамина Е с кормом может негативно сказываться на здоровье животных, приводить к снижению их продуктивности и ухудшению качества молока.

Витамин Е – мощный биологический антиоксидант, который предотвращает окисление липидов клеточных мембран, защищает организм от свободных радикалов и позволяет поддерживать иммунитет. Несмотря на существующие рекомендации по нормам обеспечения молочного скота витамином Е, вопрос о его оптимальном уровне в рационе высокопродуктивных коров остается дискуссионным.

Коровье молоко подвержено автоокислению, когда уровень витамина Е падает ниже 20 мкг/г жира [2], что приводит к появлению «прогорклого привкуса», который описывают как «картонный», «металлический» или «жировой». В нескольких исследованиях сообщалось о положительном влиянии витамина Е на окислительную стабильность молока [3, 4, 5].

В последнее время возрос интерес к разработке специальных режимов кормления животных, направленных на повышение содержания в молоке полиненасыщенных жиров, в частности, кислот, полезных для здоровья человека, таких как конъюгированные линолевые кислоты. Молоко с высоким содержанием этих липидов более подвержено окислению, поэтому повышение содержания витамина Е может стать эффективным способом защиты липидов от перекисного окисления и сохранения питательных и органолептических свойств молока. Также было доказано, что при кормлении коров рационом, обогащенным полиненасыщенными жирными кислотами, увеличивается поглощение витамина Е молочными железами из плазмы крови [6, 7, 8].

Изучение данного вопроса позволит оптимизировать рационы коров и повысить эффективность молочного производства, что обуславливает актуальность настоящей работы.

Цель исследований – изучение влияния различных уровней витамина Е (α-токоферола) в рационах лактирующих коров черно-пестрой голштинской породы на количественные и качественные показатели молочной продуктивности, а также на жирнокислотный состав молока.

Материалы и методы

Научно-хозяйственный опыт был проведен в условиях ООО «СП» Нива» (Московская область, Серебряные Пруды) в течение первых 100 дней лактации (с 30-го по 131-й день после отела).

Исследования были проведены на высокопродуктивных коровах черно-пестрой голштинской породы Были отобраны 30 голов животных, которых разделили по принципу аналогов на три равные группы: контрольную С (n=10), I опытную Е115 (n=10) и II опытную Е125 (n=10).

При формировании групп учитывали следующие параметры: возраст животных, породная принадлежность, физиологическое состояние, лактация (2-3) и молочная продуктивность по предшествующей лактации, которая составляла в среднем 8 900 кг молока. Такой подход к формированию групп обеспечивал однородность исходных данных и достоверность полученных результатов при сравнительной оценке эффективности различных уровней витамина Е.

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Кол-во голов в группе	Характеристика кормления
Контрольная С	10	Основной рацион(ОР) + витамин Е 100 % от потребности по нормам ВИЖ, (2018) 43,5 мг (1,00 г) на 1 кг СВ*
I – опытная Е115	10	ОР + витамин Е повышенный на 15 % от потребности 50,00 мг (1,15 г) на 1 кг СВ*
II –опытная Е125	10	ОР + витамин Е повышенный на 25 % от потребности 54,40 мг (1,25 г) на 1 кг СВ*

* норма сухого вещества 23,0 кг (Некрасов Р.В. и др., 2018) [9]

При уточнении и определении оптимальной нормы витамина Е в рационах высокопродуктивных коров были использованы клинически здоровые животные. Кормление во время исследования проводили по следующей схеме:

контрольная группа (С) получала стандартный рацион, содержащий витамин Е в количестве, соответствующем 100 % нормативной потребности согласно рекомендациям ВИЖ (2018 г.) [9].

I – опытная группа (Е115) получала рацион с повышенным на 15 % содержанием витамина Е относительно нормативной потребности.

II – опытная группа получала рацион с увеличенным на 25 % уровнем витамина Е по сравнению с нормативной потребностью.

В пересчете на введение кормового витамина содержание витамина Е (с активностью 50 %) в составе сухого вещества рационов составляло:

- для группы С – 43,5 мг/кг СВ (1,00 г);
- для группы Е115 – 50,0 мг/кг СВ (1,15 г);
- для группы Е125 – 54,4 мг/кг СВ (1,25 г).

Все животные получали одинаковый основной рацион, сбалансированный по энерго-питательной ценности в соответствии с требованиями нормированного кормления лактирующих коров. Рацион включал следующие компоненты: силос кукурузный (25,0 кг), сенаж многолетний (7,0 кг), солому пшеничную (1,0 кг), комбикорм (11,0 кг), пивную дробину сухую (2,0 кг), премикс П60 (0,12 кг), поваренную соль (0,10 кг), кормовая добавка «живой белок» (1,0 кг), соду (0,15 кг), адсорбент (0,03 кг), целобактерин (0,04 кг), кормовой мел (0,25 кг), фармат (0,05 кг) (табл. 2).

Основной рацион содержал 216,2 МДж обменной энергии, 23,08 кг сухого вещества, 3926,0 г сырого протеина, 2372,0 г переваримого протеина, 928,0 г сырого жира, 3729,0 г сырой клетчатки, 2071,0 г сахара и 4578,0 г крахмала. Минеральный состав рациона включал все необходимые макро- и микроэлементы.

Таблица 2. Основной рацион лактирующих коров в период проведения научно-хозяйственного опыта

Корма	Кол-во, кг	В рационе содержится:	
Силос кукурузный	25,00	сырого жира, г	928,0
Сенаж многолетний	7,00	сырой клетчатки, г	3729,0
Солома пшеничная	1,00	сахара, г	2071,0
Комбикорм	11,00	крахмала, г	4578,0
Пивная дробина сух.	2,00	NaCl, г	
Премикс	0,12	кальция, г	191,0
Соль поваренная	0,10	фосфора, г	136,0
Кормовая добавка «живой белок»	1,00	магния, г	41,0
Сода	0,15	серы, г	58,0
Адсорбент	0,03	калия, г	186,0
Целобактерин	0,04	железа, мг	2180,0
Мел кормовой	0,25	меди, мг	295,0
Фармат	0,05	цинка, мг	1880,0
В рационе содержится:		марганца, мг	1913,0
обменной энергии, МДж	216,2	кобальта, мг	25,0
сухого вещества, кг	23,08	йода, мг	27,0
сырого протеина, г	3926,0	селена, мг	6,9
протеина переваримого, г	2372,0	каротина. мг	1344,0
сырого жира, г	928,0	витамина D_3, тыс.МЕ	30,0
витамина Е, мг	В зависимости от группы коров (табл.1; 4)		

Комбикорм для лактирующих коров включал: ячмень (39 %), шрот рапсовый СП39 (28 %), пшеницу (17 %), шрот подсолнечный (15 %) и поваренную соль (1 %). В комбикорме содержалось 10,08 МДж обменной энергии, 88,56 % сухого вещества и 21,88 % сырого протеина (табл. 3).

Различия между экспериментальными группами заключались только в количестве витамина Е, который вводился в премикс П60. Для контрольной группы содержание витамина Е в премиксе составляло 8 333 мг/кг, для I опытной группы – 9 584 мг/кг, для II опытной группы – 10 420 мг/кг (табл.4).

Таблица 3. Рецепт комбикорма для лактирующих коров в период проведения научно-хозяйственного опыта

Показатель	% ввода	В рационе содержится:	
Ячмень	39,00	сырого жира, %	2,05
Шрот рапсовый СП39	28,00	сырой клетчатки, %	5,52
Пшеница	17,00	сырой золы, %	5,36
Шрот подсолнечный	15,00	лизина, %	0,91
Соль поваренная, г	1,00	метионина +цистина, %	0,87
В комбикорме содержится:		кальция, %	0,29
обменной энергии, МДж	10,08	фосфора, %	0,61
сухого вещества, %	88,56	NaCl, %	1,12
сырого протеина, %	21,88		

Таблица 4. Рецепт премикса П60 для лактирующих коров в период проведения научно-хозяйственного опыта

Назначение товара	Ед. изм. в 1 кг	премикс П60
Норма ввода	%	1,00
Витамины:		
витамин А	МЕ	2 500 000,00
витамин $Д_3$	МЕ	625 000,00
витамин Е	мг	8333/9584/10420
витамин Н	мг	200,00
Макроэлементы:		
кальций	г	120,00
фосфор	г	30,00
магний	г	25,00
натрий	г	78,00
хлор	г	114,00
сера (общая)	г	2,40
Микроэлементы:		
железо	мг	500,00
марганец	мг	10 200,00
цинк, всего	мг	19 000,00
в т.ч. цинк орг.	мг	4 000,00
медь	мг	2 300,00
йод	мг	250,00
кобальт	мг	150,00
селен, всего	мг	80,00
в т.ч. селен орг.	мг	40,00
Прочие компоненты:		
антиоксидант	мг	введен
Наполнитель: известняковая мука/пшеница изм.	г	до 1000

Условия содержания коров всех групп были идентичными и соответствовали зоогигиеническим нормам. Температурный, влажностный, световой режимы и газовый состав воздуха в помещении поддерживались в пределах нормативных значений.

Коровы содержались привязным способом в четырехрядном коровнике. Доение осуществляли 3 раза в день. Контрольные дойки проводили ежемесячно. От каждой коровы отбирали среднюю пробу молока и консервировали его.

Анализ компонентного состава молока был проведен в отделе популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на инфраспектрометрическом анализаторе CombiFoss 7 DCC (Дания) с использованием инфракрасной спектроскопии и проточной цитометрии.

В образцах молока определяли такие параметры, как содержание жира, белка, казеина, лактозы, сухого вещества и СОМО, а также pH и концентрацию соматических клеток, жирнокислотный профиль с содержанием основных жирных кислот: миристиновой (C14:0), пальмитиновой (C16:0), стеариновой (C18:0) и олеиновой (C18:1). Кроме того, проводили суммарную оценку различных групп жирных кислот, включая насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты, а также короткоцепочечные, среднецепочечные и длинноцепочечные жирные кислоты и транс-изомеры. Отдельно определяли содержание свободных жирных кислот в молоке.

Для анализа молока подогревали стаканчики с пробами на водяной бане до температуры +40 °C, после чего снимали крышки и выставляли на линейку приборов для дальнейшего автоматического перемешивания и определения информации о его составе (массовой доле белка, количества жирных кислот и т.д.).

Статистический анализ экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа (ANOVA) с применением программного пакета STATISTICA версии 10 (StatSoft, Inc., 2011). Для каждого показателя рассчитывали среднее арифметическое значение (M) и его среднеквадратическую ошибку (±m). Статистическую значимость различий между группами оценивали по уровню значимости (p): результаты считались высокодостоверными при P<0,001, достоверными при P<0,01 и близкими к достоверным при P<0,05.

Результаты

Основными критериями оценки продуктивного действия кормов и кормовых добавок в период лактации являются молочная продуктивность и качественный состав молока, представленные в таблице 5.

Таблица 5. Молочная продуктивность и качество молока подопытных коров за 100 дней лактации

Показатель	Группы		
	C (n=10)	E115 (n=10)	E125 (n=10)
Среднесуточная продуктивность на 30 день лактации, кг	34,9±3,31	34,7±1,91	35,1±2,86
1-я контрольная дойка, кг	35,9±2,67	35,8±1,83	35,6±2,01
2-я контрольная дойка, кг	36,1±1,40	37,4±2,20	37,2±1,60
3-я контрольная дойка, кг	36,8±2,92	37,6±1,82	38,2±1,20
Средняя молочная продуктивность фактической жирности за 100 дней учета, кг	36,26±2,05	36,93±1,35	37,0±1,09
Количество надоенного молока фактической жирности за учетный период (100 дней)	3626,63±153,64	3693,29±134,54	3699,96±109,37
Массовая доля жира, %	3,93±0,15	3,96±0,41	3,94±0,19
Среднесуточный удой базисной жирности за учетный период, кг	41,92±2,18	43,00±1,57†	42,87±1,35
Массовая доля белка, %	3,43±0,05	3,40±0,07	3,40±0,11
Сухое вещество, %	12,48±0,21	13,30±0,77	12,64±0,30
СОМО,%	9,12±0,10	9,13±0,18	9,09±0,21
Лактоза,%	4,94±0,02	4,93±0,06	4,87±0,06
Казеин,%	2,78±0,07	2,71±0,13	2,83±0,11
pH	6,55±0,02	6,47±0,04	6,57±0,02†
Соматические клетки, тысяч/см^3	230,48±3,21	228,63±3,28	226,39±3,11

† - тенденция к статистической значимости (P<0,10)

В результате проведенного опыта можно предположить, что введение в рацион коров повышенного уровня витамина Е способствовало положительной тенденции к увеличению молочной продуктивности.

Среднесуточный удой на 30-й день лактации был примерно одинаковым во всех группах и колебался от 34,7 до 35,1 кг в зависимости от опытной группы, что свидетельствует об однородности подопытных животных перед началом опыта.

Введение увеличенных норм витамина Е (на 15 и 25 %) оказало умеренное стимулирующее влияние на молочную продуктивность. Так за 100 дней лактации средний удой фактической жирности в опытных группах увеличился на 1,85…2,04 % по сравнению с контролем, а общее количество молока за учётный период возросло на 1,84…2,02 %. Наиболее выраженный эффект наблюдался во 2-ю и 3-ю контрольные дойки: в группе E125 прирост на 3-й дойке достиг +3,80 %.

При пересчёте на базисную жирность (3,4 %) среднесуточный удой в группе E115 вырос на 2,58 % (тенденция, P<0,10), в группе E125 – на 2,27 %. Это указывает на реальное увеличение выхода молочного жира под влиянием витамина Е, несмотря на то, что массовая доля жира изменилась незначительно (+0,25…0,76 % к контролю).

На фоне повышения удоя отмечено незначительное снижение массовой доли белка (на 0,87 % в обеих опытных группах), что может быть следствием изменения белковой фракции при возрастании объёма молока.

Содержание казеина изменялось разнонаправленно: в группе Е115 снижение на 2,52 %, в группе Е125 – повышение на 1,80 %, что, вероятно, связано с дозозависимым влиянием витамина Е на синтез казеина в эпителии молочной железы. При этом содержание лактозы снижалось (на 0,20% в Е115 и на 1,42 % в Е125), что указывает на определённые сдвиги в углеводном обмене, возможно, это было обусловлено перераспределением глюкозы на энергетические нужды при повышенной продуктивности.

Увеличение сухого вещества в группе Е115 составило +6,57 %, тогда как в Е125 – лишь +1,28 %, что говорит о нелинейном характере действия витамина Е. СОМО изменилось несущественно (в пределах ±0,33 %). Показатель pH молока в группе Е115 снизился на 1,22 % (более кислая среда), а в группе Е125 повысился на 0,31 % (тенденция, P<0,10); оба значения остаются в физиологической норме и могут отражать изменения активности лактат-образующих бактерий или буферных свойств молока.

Число соматических клеток в молоке снизилось на 0,80 % (Е115) и 1,78 % (Е125). Это свидетельствует об улучшении санитарного состояния вымени и снижении воспалительных процессов при добавке витамина Е, что, в свою очередь, могло создать благоприятные условия для более полной реализации генетического потенциала продуктивности коров.

По показателям СОМО, лактозе и казеину не было отмечено значительных различий между группами.

Включение в рацион коров в первые 100 дней лактации разных уровней витамина Е не оказало разницы на количество соматических клеток в молоке, и они находились в пределах 226,39…230,48 тысяч/см^3, данные значения не выходили за пределы ГОСТа 23453-2014. Исследования R.J. Bouwstra с коллегами [10] указывают на незначительное изменения количества соматических клеток в молоке при введении витамина Е в рацион, то же самое было отмечено и в наших исследованиях.

Таблица 6. Жирнокислотный состав молока

Кислота	Группа		
	С (n=10)	Е115 (n=10)	Е125 (n=10)
Миристиновая С14:0	0,45±0,03	0,4±0,04	0,49±0,03
Пальмитиновая С16:0	1,01±0,06	0,88±0,11	**1,19±0,07***
Стеариновая С18:0	0,27±0,02	0,29±0,03	**0,32±0,02***
Олеиновая С18:1	0,9±0,04	1,00±0,09	**1,09±0,08***
Длинноцепочечные ЖК LCFA	1,18±0,06	1,28±0,12	**1,39±0,10†**
Среднецепочечные ЖК MCFA	1,68±0,09	1,43±0,16	1,81±0,11
Мононенасыщенные ЖК MUFA	0,85±0,04	0,96±0,08	**1,05±0,08***
Полиненасыщенные ЖК PUFA	0,09±0,01	0,10±0,01	0,11±0,01
Насыщенные ЖК SFA	2,64±0,01	2,32±0,27	2,95±0,18
Короткоцепочечные ЖК SCFA	0,55±0,04	0,47±0,05	0,59±0,04
Трансизомеры ЖК TFA	0,03±0,01	0,04±0,01	0,07±0,04

по отношению к группе С - достоверно * p<0,05; тенденция †p<0,1

Изучение состава жирных кислот в молоке выявило сложный характер воздействия витамина Е, обусловленный уровнем его ввода в рацион. Было установлено, что применение α-токоферола повышенной нормы на 15 % (группа Е115) приводит к снижению доли миристиновой кислоты (С14:0) на 11,1 % относительно контрольных значений (табл. 6). В то же время в группе Е125 зафиксирован прирост данной кислоты на 8,9 %, данные колебания могут указывать на то, что разное количество витамина Е приводит к разнонаправленным изменениям в липидной фракции молока. Пальмитиновая кислота (С16:0), являющаяся основным насыщенным компонентом молочного жира, в группе Е115 уменьшилась на 12,9 %, а в группе Е125 достоверно возросла на 17,8 % (P<0,05). Выявленное увеличение С16:0 при повышении витамина Е может свидетельствовать об активации процессов первичного синтеза жирных кислот в молочной железе.

Наблюдалось повышение стеариновой кислоты (С18:0) в обеих опытных группах: на 7,4 % в Е115 и на 18,5 % (P<0,05) в Е125. Известно, что стеариновая кислота частично десатурируется с образованием олеиновой кислоты (С18:1). Концентрация которой увеличилась на 11,1 % в группе Е115 и на 21,1 % (P<0,05) в группе Е125. Это позволяет предположить усиление активности Δ9-десатуразы под действием витамина Е, вследствие чего происходит снижение общей насыщенности молочного жира и улучшение его питательной ценности.

Наиболее выраженный эффект витамина Е отмечен в отношении мононенасыщенных жирных кислот (MUFA), содержание которых достоверно увеличивалось в группе Е125 на 23,5 % (1,05±0,08 против 0,85±0,04 в контроле) (P<0,05). Также в группе Е125 наблюдалась тенденция к повышению содержания длинноцепочечных жирных кислот (LCFA) на 17,8 % (1,39±0,10 против 1,18±0,06 в контроле) (P<0,1).

Следует отметить увеличение содержания трансизомеров жирных кислот (TFA) 33 % и 133 % в опытных группах, однако различия статистически недостоверны (P>0,05) что, вероятно, обусловлено высокой вариабельностью индивидуальных показателей в опытных группах

Наиболее заметное влияние витамин Е в количестве 54,4 мг на 1 кг СВ оказало на синтез длинноцепочечных жирных кислот и мононенасыщенных жирных кислот, что может свидетельствовать о его воздействии на ферменты элонгации и десатурации жирных кислот.

Полученные результаты позволили выявить зависимый эффект от введения повышенных норм витамина Е в рационах лактирующих коров на жирнокислотный состав молока. Так использование α-токоферола с повышенным уровнем на 15 % от потребности (группа Е125 или 54,4 мг/кг СВ) оказывало более выраженное влияние на большинство показателей жирнокислотного профиля по сравнению с уровнем 50 мг/кг СВ (группа Е115).

Обсуждение

Результаты проведенного научно-хозяйственного опыта свидетельствуют об отсутствии существенного влияния повышенных норм витамина Е на удой и содержание молочного жира у коров в первые 100 дней лактации.

Полученные результаты согласуются с данными ряда исследователей. Аналогичные результаты были получены в работе I. Politis [11], где также не было выявлено влияния повышенных доз витамина Е на надои и жирность молока. Исследования G. Chandra и других ученых [12] и A.K. Singh с соавторами [13] подтверждают, что умеренное увеличение уровня витамина Е в рационе не приводит к статистически значимому повышению молочной продуктивности коров.

Достоверное повышение содержания стеариновой (С18:0) и олеиновой (С18:1) кислот, а также мононенасыщенных жирных кислот (MUFA) в молоке коров, получавших повышенный уровень витамина Е, имеет важное значение с точки зрения пищевой ценности молока. В работе M. Focant с коллегами [14] ненасыщенные жирные кислоты, особенно олеиновая, считаются более полезными для здоровья человека по сравнению с насыщенными жирными кислотами.

Механизм влияния витамина Е на жирнокислотный состав молока может быть связан с его антиоксидантными свойствами. По данным S. Vagni с другими исследователями [15], α-токоферол защищает ненасыщенные жирные кислоты от окисления как в корме, так и в организме животного, обеспечивая их лучшую сохранность и доступность для включения в состав молочного жира. Кроме того, согласно работе E. Charmley с коллегами [16], витамин Е может влиять на активность ферментов, участвующих в липидном обмене и биосинтезе жирных кислот.

Полученные нами данные о повышении содержания длинноцепочечных жирных кислот (LCFA) в группе Е125 на 17,8 % по сравнению с контролем согласуются с результатами исследований S. Schäfers с другими учеными [17], которые установили, что витамин Е способствует лучшей мобилизации жировых запасов организма и более эффективному транспорту длинноцепочечных жирных кислот в молочную железу.

Результаты проведенного опыта показывают, что введение повышенных уровней витамина Е (на 15 % и 25 % выше нормы) не оказало достоверного влияния на молочную продуктивность и содержание жира в молоке коров опытных групп в первые 100 дней лактации.

Вместе с тем, нужно отметить, что увеличение в рационе витамина Е положительно повлияло на жирнокислотный состав молока и, в частности, было отмечено улучшение соотношения полиненасыщенных жирных кислот, указывающее на повышение биологической и пищевой ценности молока. Следует также подчеркнуть, что витамин Е не оказал отрицательного влияния на здоровье животных и качество молочной продукции.

Заключение

Скармливание животным витамина Е в дозе, превышающей норму на 25 % (54,40 мг на 1 кг СВ), в течение 100 дней учета положительно повлияло на качественные показатели молока. В частности, это привело к достоверному увеличению содержания мононенасыщенных жирных кислот на 23,5 % ($P<0,05$), а также была выявлена тенденция к повышению концентрации длинноцепочечных жирных кислот на 17,8 % ($P<0,1$). При этом повышенные нормы витамина Е не оказали отрицательного влияния на общую молочную продуктивность коров, а также на массовую долю жира и белка в молоке.

Таким образом, повышение стандартной нормы витамина Е на 25 % в первые 100 дней лактации позволило изменить жирнокислотный профиль молока в лучшую сторону и повысить биологическую и пищевую ценность молока, антиоксидантные свойства α-токоферола защищают липиды от перекисного окисления, благодаря чему улучшаются его технологические и органолептические свойства.

Литература

1. Panda N., Kaur H. Influence of vitamin E supplementation on spontaneous oxidized flavour of milk in dairy buffaloes // Int. J. Dairy Technol. 2007. Vol. 60. No. 3. P. 198-204. doi:10.1111/j.1471-0307.2007.00318.x

2. Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk / M. S. Havemose, M. R. Weisbjerg, W. L. P. Bredie, et al. // International Dairy Journal 2004 Vol. 14. No. 7 P. 563-570 doi:10.1016/j.idairyj.2003.11.005

3. Effects of feeding α-tocopherol and calcium salts of fatty acids on vitamin E and fatty acid composition of cow's milk / A. S. Atwal, M. Hidiroglou, J. K. G. Kramer, et al. // Journal of Dairy Science 1990 Vol. 73. No. 10 P. 2831-2841 doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73964-2

4. Weiss W. P., Hogan J. S., Smith K. L. Effects of vitamin E status on health and milk production of dairy cows **//** Journal of Dairy Science 2009 Vol. 92. No. 5. P. 1945-1953 doi:10.1046/j.1439-0442.2000.00323.x

5. Laviano H. D., Gómez G., Muñoz M. Dietary Vitamin E and/or Hydroxytyrosol Supplementation to Sows during Late Pregnancy and Lactation Modifies the Lipid Composition of Colostrum and Milk // Antioxidants. 2023. Vol. 12. No. 5. P. 1039. doi:10.3390/antiox12051039

6. Campbell W., Drake M. A., Larick D. K. The impact of fortification with conjugated linoleic acid (CLA) on the quality of fluid milk // Journal of Dairy Science. 2003. Vol. 86. No. 1 P. 43-51 doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73582-6

7. Transient reductions in milk fat synthesis and their association with the ruminal and metabolic profile in dairy cows fed high-starch, low-fat diets / E. Sandri, J. Lévesque, A. Marco, et al. // Animal 2020 Vol. 14. P. 2523-2534 doi: 10.1017/S1751731120001585

8. Kharitonov E. The Processes of Nutrition and Metabolism Affecting the Biosynthesis of Milk Components and Vitality of Cows with High- and Low-Fat Milk // Animals/ 2022 Vol. 12. P. 604. doi:10.3390/ ani12050604

9. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах / Р. В. Некрасов, А. В. Головин, Е. А. Махаев и др. ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Москва 2018 290 с.

10. Vitamin E supplementation during the dry period in dairy cattle. Part I: adverse effect on incidence of mastitis postpartum in a double-blind randomized field trial / R. J. Bouwstra, M. Nielen, J. A. Stegeman, et al. // Journal of Dairy Science 2010 Vol. 93 No. 12 P. 5684-5695 doi:10.3168/jds.2010-3159

11. Politis I. Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality //

Animal. 2012. Vol. 6. No. 9 P. 1427-34. doi: 10.1017/S1751731112000225

12. Effect of additional vitamin E and zinc supple- mentation on immunological changes in péripartum Sahiwal cows / G. Chandra, A. Aggarwal, M. S. Kumar, et al. // J. of Animal Physiology and Animal Nutrition 2014. Vol. 98. No. 6. P. 1166-1175 doi:10.1111/jpn.12190

13. Influence of pre and postpartum alpha-tocopherol supplementation on milk yield, milk quality, and udder health of Jersey crossbred cows at tropical lower Gangetic region / A. K. Singh, C. Bhakat, T. Kumari, et al. // Veterinary World. 2020. Vol. 13. No. 9. P. 2006-2011 doi:10.14202/vetworld.2020.2006-2011

14. Focant M., Mignolet E., Marique M. The effect of vitamin E supplementation on the fatty acid profile and oxidative stability of milk from dairy cows // Journal of Dairy Science. 1998. Vol. 81. No. 5. P. 1325-1331 doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75671-1

15. Vitamin E Bioavailability: Past and Present Insights / S. Vagni, F. Saccone, L. Pinotti, A. Baldi // Food and Nutrition Sciences. 2011. Vol. 2. No. 10 P. 1088-1096 doi:10.4236/fns.2011.210146

16. Charmley E., Nicholson J. W. G., Zee J. A. Effect of supplemental vitamin E and selenium in the diet on the fatty acid profile of milk from Holstein cows // Canadian Journal of Animal Science. 2006. Vol. 86. No. 3 P. 387-394 doi:10.4141/cjas93-049

17. Influence of vitamin E on organic matter fermentation, ruminal protein and fatty acid metabolism, protozoa concentrations and transfer of fatty acids / S. Schäfers, U. Meyer, D. von Soosten, et al. // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018. Vol. 102. No. 5. P. 1111-1119 doi: 10.1111/jpn.12901

References

1. Panda N., Kaur H. Influence of vitamin E supplementation on spontaneous oxidized flavor of milk in dairy buffaloes // Int. J. Dairy Technol. 2007. Vol. 60. No. 3. P. 198-204. doi:10.1111/j.1471-0307.2007.00318.x

2. Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk / M. S. Havemose, M. R. Weisbjerg, W. L. P. Bredie, et al. // International Dairy Journal 2004 Vol. 14 No. 7 P. 563-570 doi:10.1016/j.idairyj.2003.11.005

3. Effects of feeding α-tocopherol and calcium salts of fatty acids on vitamin E and fatty acid composition of cow's milk / A. S. Atwal, M. Hidiroglou, J. K. G. Kramer, et al. // Journal of Dairy Science 1990 Vol. 73.No. 10 P. 2831-2841 doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73964-2

4. Weiss W. P., Hogan J. S., Smith K. L. Effects of vitamin E status on health and milk production of dairy cows // Journal of Dairy Science 2009 Vol. 92 No. 5 P. 1945-1953 doi:10.1046/j.1439-0442.2000.00323.x

5. Laviano H. D., Gómez G., Muñoz M. Dietary Vitamin E and/or Hydroxytyrosol Supplementation to Sows during Late Pregnancy and Lactation Modifies the Lipid Composition of Colostrum and Milk // Antioxidants. 2023. Vol. 12.No. 5. P. 1039. doi:10.3390/antiox12051039

6. Campbell W., Drake M. A., Larick D. K. The impact of fortification with conjugated linoleic acid (CLA) on the quality of fluid milk // Journal of Dairy Science. 2003. Vol. 86.No. 1 P. 43-51 doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73582-6

7. Transient reductions in milk fat synthesis and their association with the ruminal and metabolic profile in dairy cows fed high-starch, low-fat diets / E. Sandri, J. Lévesque, A. Marco et al. // Animal 2020 Vol. 14 P. 2523-2534 doi: 10.1017/S1751731120001585

8. Kharitonov E. The Processes of Nutrition and Metabolism Affecting the Biosynthesis of Milk Components and Vitality of Cows with High- and Low-Fat Milk // Animals/ 2022 Vol. 12. P. 604. doi:10.3390/ ani12050604

9. Standards of nutrient requirements of dairy cattle and pigs / R. V. Nekrasov, A. V. Golovin, E. A. Makhaev, et al. L.K. Ernst All-Russian Research Institute of Animal Husbandry. Moscow 2018, 290 p.

10. Vitamin E supplementation during the dry period in dairy cattle. Part I: adverse effect on the incidence of mastitis postpartum in a double-blind randomized field trial / R. J. Bouwstra, M. Ni Elen, J. A. Stegeman, et al. // Journal of Dairy Science. 2010. Vol. 93. No. 12 P. 5684-5695 doi:10.3168/jds.2010-3159

11. Politis I. Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality // Animal. 2012. Vol. 6. No. 9 R. 1427-34. doi: 10.1017/S1751731112000225

12. Effect of additional vitamin E and zinc supplementation on immunological changes in peripartum Sahiwal cows / G. Chandra, A. Aggarwal, M. S. Kumar, et al. // J. of Animal Physiology and Animal Nutrition 2014. Vol. 98. No. 6 R. 1166-1175 doi:10.1111/jpn.12190

13. Influence of pre and postpartum alpha-tocopherol supplementation on milk yield, milk quality, and udder health of Jersey crossbred cows at tropical lower Gangetic region / A. K. Singh, C. Bhakat, T. Kumari, et al. // Veterinary World. 2020. Vol. 13. No. 9. R. 2006-2011. doi:10.14202/vetworld.2020.2006-2011

14. Focant M., Mignolet E., Marique M. The effect of vitamin E supplementation on the fatty acid profile and oxidative stability of milk from dairy cows // Journal of Dairy Science. 1998. Vol. 81. No. 5 P. 1325-1331 doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75671-1

15. Vitamin E Bioavailability: Past and Present Insights / S. Vagni, F. Saccone, L. Pinotti, A. Baldi // Food and Nutrition Sciences. 2011. Vol. 2. No. 10 R. 1088-1096 doi:10.4236/fns.2011.210146

16. Charmley E., Nicholson J. W. G., Zee J. A. Effect of supplemental vitamin E and selenium in the diet on the fatty acid profile of milk from Holstein cows // Canadian Journal of Animal Science. 2006. Vol. 86.No. 3 P. 387-394 doi:10.4141/cjas93-049

17. Influence of vitamin E on organic matter fermentation, ruminal protein and fatty acid metabolism, protozoan concentrations and transfer of fatty acids / S. Schäfers, U. Meyer, D. von Soosten, et al. // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018. Vol. 102. No. 5. P. 1111-1119 doi: 10.1111/jpn.12901