

УДК 619:636.1.577.3

РОЛЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ФОРМИРОВАНИИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ

Антонов А. В. к.б.н., доцент,

Плющик И. А., аспирант,

ФГОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет
им. П. А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерция.

У коров в середине лактации, одновременно со снижением молочной продуктивности, усиливается перекисное окисление липидов, возрастает активность антиоксидантных ферментов и повышается уровень α -токоферола в крови. Наиболее отчётливо это проявляется у высокоудойных коров. Обсуждаются роль перекисного окисления липидов в механизмах затухания лактации и целесообразность применения антиоксидантов для повышения молочной продуктивности коров.

Ключевые слова: коровы, молочная продуктивность, перекисное окисление липидов, антиоксиданты.

Постановка проблемы. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) происходит в организме всех животных постоянно, по механизму цепной реакции. Его продукты необходимы для фагоцитоза, тканевого дыхания, обновления биомембран, разрушения ксенобиотиков, синтеза некоторых биологически активных веществ. Но чрезмерно сильное ПОЛ приводит к нарушению структуры биологических мембран, что снижает устойчивость организма ко многим заболеваниям. Поэтому интенсивность реакций ПОЛ ограничивается антиоксидантной системой. В неё входят токоферол, каталаза, церулоплазмин и другие вещества. На данный момент хорошо изучена роль ПОЛ в патогенезе различных заболеваний. Но недостаточно исследованными остаются динамика ПОЛ и антиоксидантного статуса у коров в связи со стельностью, лактацией и уровнем молочной продуктивности.

Цель работы: изучение процессов ПОЛ и функционального состояния антиоксидантной системы у молочных коров высокой и низкой продуктивности в период сухостоя и в середине лактации.

Материал и методы исследований. Эксперимент проведён в ЗАО «Московское» (пос. Поляны Рязанского р-на Рязанской обл.) на 14 коровах чёрно-пёстрой породы 6-7-летнего возраста, разделённых на две группы по 7 голов. В 1-ю группу вошли коровы с продуктивностью 4500 - 5500 кг молока за предыдущую лактацию, а во 2-ю – 3000 - 4000 кг. Кормление животных соответствовало зоотехническим нормам. В период сухостоя коровам с целью улучшения воспроизводительной функции делали инъекции препарата «Е-селен», что является обязательным в данном хозяйстве. Кровь для

анализов брали из ярёмной вены утром, до кормления. Взятие крови производили за 2 недели до ожидаемого отёла, затем на 3-м, 4-м, 5-м и 6-м месяцах лактации. В плазме крови определяли содержание первичных продуктов ПОЛ – диеновых конъюгатов (ДК), вторичного продукта ПОЛ – малонового диальдегида (МДА). Для характеристики антиоксидантного статуса животных в плазме определяли концентрацию α -токоферола, активность каталазы и церулоплазмина. Молочную продуктивность коров учитывали ежемесячно способом контрольной дойки. В молоке определяли массовую долю жира и белка на приборе «Лактан». Результаты анализов обработаны статистически с помощью программ TBAS и «Excel».

Результаты исследований и обсуждение. Из табл. 1 видно, что у всех животных за период исследований показатели молочной продуктивности снизились. Наиболее резкое снижение отмечено у коров 1-й группы на 4-м месяце лактации. В результате на 6-м месяце у коров 1-й группы удой был ниже, чем на 3-м, на 15,8 % ($P < 0,05$), суточная продукция жира – на 19,1 % ($P < 0,05$), а белка – на 18,6 % ($P < 0,01$). Во 2-й группе это снижение составило, соответственно, 21,4 %, 16,6 % и 20,6 %, но было недостоверным.

Таблица 1

Молочная продуктивность коров

Группы коро	Суточный удой, кг	Количество молочного жира, г/сут.	Количество молочного белка, г/сут.
3-й месяц лактации			
1	22,2±1,4	959,5±77,2	733,0±48,8
2	20,1±2,3	833,4±81,8	640,9±74,8
4-й месяц лактации			
1	18,0±1,2*	757,7±56,0*	580,9±39,1*
2	18,8±2,3	714,0±63,8	599,3±75,4
5-й месяц лактации			
1	18,2±1,2	749,2±58,6	583,7±41,2
2	18,9±0,9	799,8±52,9	601,6±28,3
6-й месяц лактации			
1	18,7±1,1	776,5±46,1	596,6±30,8
2	15,8±1,6	695,4±75,8	508,9±52,3

Достоверность разницы с предыдущим месяцем лактации: * - $P < 0,05$

В табл. 2 приведены данные о содержании продуктов ПОЛ и антиоксидантов в плазме крови у коров. Эти данные свидетельствуют о том, что у всех животных на 3-м месяце лактации усилились первичные реакции ПОЛ (продукция ДК), а на 4-м – и вторичные (выработка МДА – наиболее токсичного продукта ПОЛ). На 5-м месяце снизилась интенсивность вторичных стадий, а на 6-м – и первичных. Можно предположить, что усиление ПОЛ на 3-м и 4-м месяцах лактации было связано с начавшейся инволюцией секреторного эпителия в молочной железе у коров, которая и привела к снижению молочной продуктивности на 4-м месяце лактации. Из литературы известно, что в механизме этой

инволюции важная роль отводится процессам аутофагоцитоза [4], а они обычно сопровождаются повышенной интенсивностью ПОЛ [5].

Достоверные межгрупповые различия по содержанию ДК в плазме отмечены только на 3-м месяце лактации: во 2-й группе оно было выше, чем в 1-й, на 13,8 % ($P < 0,01$). Содержание МДА, наоборот, в 1-й группе животных было более высоким, чем во 2-й: в сухостойном периоде на 45,5 % ($P < 0,05$), и на 5-м месяце лактации – на 18,2 % ($P < 0,05$). Это можно объяснить тем, что низкоудойные коровы вследствие меньшей интенсивности обменных процессов в ряде случаев (но не всегда) отличаются пониженным уровнем вторичных стадий ПОЛ – окисления ДК до МДА. Это может выражаться или в относительно низком уровне МДА, или же в повышенном содержании его предшественников - ДК - в плазме крови, не сопровождающемся, однако, повышением уровня МДА.

Таблица 2

**Содержание продуктов перекисного окисления липидов
и антиоксидантов в плазме крови у коров**

Группы коров	Диеновые конъюгаты, усл. ед. ¹	Малоновый диальдегид, мкмоль/л	α -токоферол, мкмоль/л	Активность каталазы, мкмоль/л·с	Активность церулоплазмينا, нмоль/л·с
Сухостойный период					
1	80,2±4,1	2,78±0,14	182,0±13,3	110,4±18,5	109,1±4,9
2	81,8±1,8	1,91±0,33	151,4±7,9	95,1±12,4	109,9±7,4
3-й месяц лактации					
1	165,5±4,5***	2,49±0,48	55,2±3,5***	118,3±6,4	292,4±27,0**
2	188,4±3,6***	2,89±0,55	53,2±3,3***	121,8±17,9	206,3±10,6***
4-й месяц лактации					
1	163,8±3,5	4,98±0,51***	82,8±4,0***	75,0±4,9***	114,1±11,3***
2	153,0±7,2***	5,56±0,23***	67,3±5,1*	86,6±8,0	123,3±8,0***
5-й месяц лактации					
1	166,7±7,0	3,77±0,21*	146,8±3,8***	77,7±5,9	112,5±10,6
2	155,0±2,1	3,19±0,11***	138,2±7***	82,8±9,4	86,0±4,3**
6-й месяц лактации					
1	90,5±3,0***	3,90±0,10	58,5±2,7***	72,9±4,4	95,0±3,4
2	89,6±2,6***	3,65±0,23	54,3±3,8***	63,2±4,4	75,9±2,3

¹ 1 усл. ед. – 1 единица оптической плотности, умноженная на 1000.

Достоверность разницы с предыдущим взятием крови:

* - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$.

Содержание α -токоферола в плазме крови у всех животных на 3-м месяце лактации по сравнению с сухостойным периодом резко снизилось, на 4-м и особенно на 5-м - возросло, на 6-м снова уменьшилось. Снижение этого

показателя на 3-м месяце можно объяснить прекращением применения препарата «Е-селен», а последующее повышение – мобилизацией резервов витамина Е из тканевых резервов в ответ на усиление ПОЛ [1].

У коров 1-й группы в сухостойном периоде содержание α -токоферола в плазме крови было выше, чем у животных 2-й группы: на 20,2 % ($P < 0,05$). Известно, что при применении животным препаратов витамина Е он запасается в жировой ткани [3]. Полагаем, что у коров 1-й группы в тканях откладывалось меньше токоферола, а в крови его циркулировало больше. На 4-м месяце лактации животные 1-й группы также превосходили животных 2-й группы по уровню α -токоферола на 23,0 % ($P < 0,001$) – на этот раз, очевидно, из-за более активной мобилизации тканевых резервов. В обоих случаях повышенное содержание витамина Е в плазме свидетельствует об усиленной нагрузке на антиоксидантную систему у высокопродуктивных коров.

Активность каталазы у всех коров на 3-м месяце лактации по сравнению с сухостойным периодом незначительно возросла, а на 4-м месяце – снизилась. Далее существенных изменений этого показателя не последовало. Снижение активности каталазы можно объяснить истощением резервов для его биосинтеза. Значительной разницы между группами по активности каталазы не отмечено.

Активность церулоплазмينا у всех животных на 3-м месяце лактации по сравнению с сухостойным периодом увеличилась, а на 4-м месяце – вернулась к исходному уровню. На 5-м и 6-м месяцах лактации у коров 1-й группы величина этого показателя была практически стабильной, а во 2-й группе продолжала уменьшаться. Повышение активности церулоплазмينا на 3-м месяце лактации должно было компенсировать последствия снижения уровня α -токоферола в плазме. Последующее снижение активности этого фермента обусловлено, очевидно, исчерпанием резервов для его биосинтеза.

На 3-м, 5-м и 6-м месяцах лактации активность церулоплазмينا у коров 1-й группы была выше, чем 2-й, соответственно, на 41,7 % ($P < 0,01$), 30,8 % ($P < 0,05$) и 25,2 % ($P < 0,001$). Следовательно, высокопродуктивные коровы, во-первых, отличаются более значительными функциональными резервами биосинтеза этого фермента, а во-вторых, их антиоксидантная система работает с большим напряжением, так как церулоплазмин является её последним, резервным звеном, и его выработка увеличивается при недостатке прочих антиоксидантов [2].

Рассмотрев динамику всех изученных показателей в комплексе, мы можем заключить, что у коров в конце сухостойного периода повышенная активность антиоксидантной системы способствует ослаблению реакций ПОЛ, а значит, и усилению пролиферации эпителия в молочной железе. В нашем случае активация антиоксидантной защиты выразилась в высокой активности каталазы, чему способствовало также применение «Е-селена». Известно, что при дефиците витамина Е в организме активность каталазы в крови понижается [6].

В период с 3-го по 5-й месяцы лактации была повышена интенсивность первичных стадий ПОЛ (продукция ДК), а на 4-м - также и вторичных (продукция МДА). Это сопровождалось изменениями в работе антиоксидантной системы. На 3-м месяце лактации снижение уровня α -токоферола после отмены «Е-селена» вызвало необходимость усиления биосинтеза церулоплазмينا, что часто бывает при усилении нагрузки на антиоксидантную систему. На 4-м месяце лактации активность антиоксидантных ферментов уменьшилась вследствие истощения резервов для их биосинтеза. Началась мобилизация тканевых запасов витамина Е, но это не воспрепятствовало росту продукции МДА. На 5-м месяце мобилизация резервов токоферола продолжалась с большей интенсивностью и привела к снижению интенсивности вторичных стадий ПОЛ. На 6-м месяце на фоне относительно низкого содержания антиоксидантов в плазме крови интенсивность ПОЛ уменьшилась. Это мы объясняем общим уменьшением интенсивности катаболизма в заключительную фазу лактации.

Заключение. В конце сухостойного периода усиленная функция антиоксидантной системы способствует пролиферации секреторного эпителия молочной железы, что необходимо для подготовки к будущей лактации. С 3-го по 5-й месяцы лактации усиление вторичных стадий перекисного окисления липидов связано с начинающейся в это время инволюцией железистого эпителия, а следовательно, и со снижением молочной продуктивности. Эти закономерности распространяются на всех коров. В то же время высокоудойные коровы отличаются повышенным уровнем вторичных стадий ПОЛ в середине лактации. Возможно, у них в это время инволюция молочной железы идёт с большей интенсивностью, что и является причиной более резкого снижения удоев, чем у низкопродуктивных животных. Антиоксидантная система отвечает на усиление ПОЛ сначала повышением активности антиоксидантных ферментов, а после исчерпания резервов для их биосинтеза - мобилизацией тканевых резервов токоферола. У высокопродуктивных животных эти процессы идут более интенсивно, но не могут препятствовать усилению ПОЛ. Поэтому мы считаем целесообразным применение антиоксидантов молочным коровам в период с 3-го по 5-й месяцы лактации для предотвращения резкого спада удоев, а значит, и для более полного выявления потенциала молочной продуктивности.

Список использованных источников:

1. Голиков П. П. Механизм активации перекисного окисления липидов и мобилизации эндогенного антиоксиданта α -токоферола при стрессе / П.П. Голиков, Б. В. Давыдов, С. Б. Матвеев // *Вопр. мед. химии.* – 1987. – Т. 33, № 1. – С. 47 – 50.
2. Зенков Н. К. Окислительная модификация липопротеидов низкой плотности / Н. К. Зенков, Е. Б. Меньщикова // *Успехи соврем. биологии.* – 1996. – Т. 116, № 6. – С. 729 – 748.

3. Колосова Н.Г. Влияние гормонов надпочечников на распределение токоферола в организме / Н.Г. Колосова, Р.Н. Матаев, В.Ю. Куликов // Тез. II Всесоюз. конф. «Биоантиоксидант». – Черногоровка, 1986. – Т. 1. – С. 137 – 138.

4. Медведев И. К. Изучение фундаментальных закономерностей биосинтеза компонентов молока / И. К. Медведев // Проблемы физиологии, биохимии, биотехнологии и питания сельскохозяйственных животных. – Боровск, 1993. – С. 167 – 171.

5. Equine colic induces intestinal apoptosis via a mitochondria-mediated pathway / G. Maranon, W. Manley, P. Cayado [et al.] // Proc. 10th Int. Congr. of World Equine Vet. Ass.. – Moscow, 2008. – P. 492.

6. Nair P. P. Vitamin E and metabolic regulation / P.P. Nair // Ann. N.Y. Acad. Sci.. – 1972. – V. 203. – P. 53 – 61.

Антонов А.В., Плющик І.О.

Роль перекисного окислення ліпідів у формуванні молочної продуктивності корів

У корів в середині лактації, одночасно із зниженням молочної продуктивності, посилюється перекисне окислення ліпідів, зростає активність антиоксидантних ферментів і підвищується рівень α -токоферолу у крові. Найвиразніше це виявляється у високопродуктивних корів. Обговорюються роль перекисного окислення ліпідів в механізмах згасання лактації і доцільність вживання антиоксидантів для підвищення молочної продуктивності корів.

Ключові слова: корови, молочна продуктивність, перекисне окислення ліпідів, антиоксиданти.

Antonov A.V., Plyushchik I.A.

The role of lipid peroxidation in the formation of cow's milk yields

At cows in the middle of the lactation, simultaneously with decreasing of milk yields, lipid peroxidation increases, activity of antioxidant enzymes and level of α -tocopherol in blood increase. At high-yield cows it displays most distinctly. The role of lipid peroxidation in the mechanisms of lactation braking and expedience of using of antioxidants for increasing of cow's milk yields is discussed.

Keywords: cows, milk yields, lipid peroxidation, antioxidants.