

ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ И АНТИОКСИДАНТНАЯ ЗАЩИТА У СВИНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОСТНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА

¹Воробьев В.И., ¹Щербакова Е.Н., ¹Захаркина Н.И.

¹ГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», Астрахань, Россия (414056, Астрахань, ул. Татищева, 20а) e-mail: veterinaria-2011@mail.ru

В работе впервые рассматриваются вопросы обмена липидов (общие липиды, холестерин, триглицериды), ПОЛ и АОС в постнатальном онтогенезе свиней в биогеохимических условиях низкого уровня в среде йода, селена, кобальта и частично меди (в почвах) в регионе Нижней Волги. Выявлены динамика показателей липидного обмена, продуктов пероксидации липидов и антиоксидантных ферментов в организме растущих свиней и влияние недостающих организму всеядных микроэлементов на их рост и развитие. Впервые комплексно рассмотрены показатели ПОЛ и активности каталазы, СОД и состояние перекисной резистентности эритроцитов. Рассмотрены вопросы аминокислотного обмена в мышцах свиней как показатель качества дополнительно (с помощью обогащения кормов рациона недостающими организму микроэлементами) получаемого высококачественного мяса с целью импортозамещения мясной продукции в Российской Федерации.

Ключевые слова: биогеохимия, микроэлементы, каталаза, супероксиддисмутаза, перекисная резистентность эритроцитов, диеновые конъюгаты

THE PEROXIDE OXIDATION OF LIPIDS AND ANTIOXIDANT PROTECTION AT PIGS IN THE COURSE OF POST-NATAL ONTOGENESIS

¹Vorobev V.I., ¹Shcherbakova E.N., ¹Zaharkina N.I.

¹Astrakhan state university, Astrakhan, Russia (41400, Astrakhan, Street Tatischeva, 20 A), e-mail: veterinaria-2011@mail.ru

In work questions of an exchange of lipids (the general lipids, cholesterol, triglycerides), the FOL and AOS in post-natal ontogenesis of pigs in biogeochemical conditions of low level in the environment of iodine, selenium, cobalt and, partially, copper (in soils) in the region of the Lower Volga are for the first time considered. Dynamics of indicators of a lipidic exchange, products of a peroxide of lipids and antioxidant enzymes in an organism of the growing pigs and influence of the omnivorous microelements lacking an organism on their growth and development is found out. Indicators the FLOOR and activities of a catalase, SOD and a condition of peroxide resistance of erythrocytes are for the first time in a complex considered. Questions of an amino-acid exchange in muscles of pigs, as a quality indicator in addition (by means of enrichment of forages of a diet the microcells lacking an organism) the received high-quality meat, for the purpose of import substitution of meat production in the Russian Federation are considered.

Keywords: biogeochemistry, microelements, catalase, superoksiddismutaza, peroxide resistance of erythrocytes, diyenovy conjugates

Долгое время исследователи обменных процессов в организме животных считали, что липиды – это всего лишь строительный материал в жизнедеятельности клеток и своеобразная форма депонирования запасов метаболического топлива. Однако в последние десятилетия выяснилось, что липиды являются составной частью общего метаболизма и активно участвуют в процессах адаптации и регуляции многих функций в животном организме. При этом изменение обмена липидов является ведущим параметром патогенеза многих заболеваний, особенно эндемических (гипоэлементозы селена, йода, кобальта и т.п.). Важная роль сегодня отводится клеточным мембранам, основу которых составляют различные липиды. На этом уровне клеточных мембран и проявляется большая часть

регуляторных функций липидов, в том числе и количество микроэлементов в органах и тканях, т.е. их метаболизм в организме растущих свиней [1].

В основе многих метаболических процессов в организме лежат окислительно-восстановительные реакции. Среди них особую роль играют свободнорадикальные реакции, при которых образуются перекисные соединения [6]. Процессам свободнорадикального окисления (СРО) подвержены определенные белки, аминокислоты, углеводы и особенно липиды за счет входящих в их состав полиненасыщенных жирных кислот. СРО начинается с образования первичного активного центра реакций – свободного радикала (СР), имеющего в одном из атомов кислорода один или несколько неспаренных электронов на внешней орбитали [1, 9, 11]. Свободные радикалы (СР) принимают участие в модуляции специфической активности ряда мембранных ферментов, синтезе простагландинов и лейкотриенов, метаболизме катехоламинов и стероидных гормонов, а также обладают антибактериальным действием, активируют процессы клеточной пролиферации и дифференцировки, инициируют реакцию окисления субстратов. Этот нормальный физиологический процесс может быть опасен, так как возможна неконтролируемая «утечка» СР, приводящая к повреждению липидных, белковых и нуклеиновых молекул и повреждению мембранных структур, нарушению функции ионных насосов и активности мембраносвязанных ферментов [8]. Поэтому понимание механизмов регуляции процессов свободнорадикального окисления может дать новые подходы к профилактике и терапии эндемических заболеваний, например скрытых форм комбинированных гипозлементозов животных, как в нашем случае с растущими свиньями (синдром дефицита Se, J и Cu в кормах и организме).

Известно, что на первом этапе свободнорадикального окисления полиненасыщенных жирных кислот в клетке происходит накопление промежуточных продуктов-гидроперекисей, которые называют первичными продуктами ПОЛ [7]. Среди различных классов реакций липидного обмена процессы СРО играют решающую роль в нормальной физиологии и биохимии, а также являются различными классами реакций липидного обмена. Процессы СРО играют решающую роль в нормальной физиологии и биохимии, а также являются универсальным неспецифическим звеном физиологических механизмов развития различных патологических синдромов, в том числе скрытых комбинированных гипомикроэлементозов животных.

Гидроперекиси метаболизируют во вторичные продукты перекисного окисления – малоновый альдегид (МДА), ацетон, гексаналь (карбонильные соединения) и ряд других вторичных продуктов ПОЛ. Альдегидные группы этих веществ способны вступать в реакцию с аминокруппами белков и нуклеотидов с образованием прочных сшивок (типа

I контрольн я (ОР), n=20	Общие липиды, г/л	2,81± 0,04	2,8± 0,05	2,77± 0,15	2,69± 0,07	2,96± 0,17	2,83± 0,04	2,81± 0,06	2,82± 0,07
	Общий холестерин, ммоль/л	1,92± 0,8	1,89± 0,09	1,92± 0,17	1,94± 0,16	1,92± 0,15	1,88± 0,13	1,74± 0,03	1,69± 0,06
	Триглицериды , ммоль/л	0,59± 0,03	0,58± 0,04	0,53± 0,04	0,59± 0,002	0,62± 0,04	0,59± 0,08	0,59± 0,06	0,59± 0,02
II опытная (ОР+ДАФС -25), n=20	Общие липиды, г/л	2,82± 0,11	2,88± 0,07	2,94± 0,05	3,01± 0,17	2,81± 0,04	3,09± 0,12	3,09± 0,14	3,11± 0,16*
	Общий холестерин, ммоль/л	2,4± 0,09	2,31± 0,14	2,39± 0,11	2,58± 0,26	2,83± 0,03	2,61± 0,13	2,72± 0,11	2,76± 0,05
	Триглицериды , ммоль/л	0,61± 0,05	0,67± 0,13	0,67± 0,16	0,78± 0,02*	0,62± 0,06	0,81± 0,08	0,86± 0,01	0,88± 0,09*
III опытная (ОР+ДАФС -25 +ЙОДДАР), n=20	Общие липиды, г/л	2,79± 0,07	2,90± 0,08	3,04± 0,17	3,17± 0,08*	3,09± 0,02	3,33± 0,07	3,34± 0,05	3,55± 0,12*
	Общий холестерин, ммоль/л	2,14± 0,12	2,24± 0,15	2,61± 0,05	2,85± 0,03*	2,01± 0,03	2,89± 0,12	2,91± 0,04	3,04± 0,07*
	Триглицериды , ммоль/л	0,64± 0,03	0,71± 0,12	0,88± 0,03	0,81± 0,07*	0,68± 0,07	0,95± 0,04	0,94± 0,050	0,99± 0,03*

Уровень холестерина после 30 дней подкормки ДАФС-25 у опытных свиней не отличался от аналогичных результатов контроля, а количество триглицеридов у опытных поросят стало больше, чем в контроле и на начало опыта. В III группе уровень всех липидных параметров достоверно выше, чем в контроле ($p < 0,05$).

ДАФС-25 и особенно комплексное влияние препаратов селена, йода и меди (III гр.) оказывали положительное влияние на параметры липидного обмена во втором опыте. Следует отметить, что достоверное влияние недостающие микроэлементы оказывают через 15 дней и в конце экспериментов, когда в III группе было общих липидов в период 85–115 дней жизни на 17,8%, общего холестерина на – 46,9% и триглицеридов – 37,3% больше, чем в контроле ($p < 0,05$). К концу выращивания свиней (второй опыт) в III группе количество общих липидов на 30-й день вскармливания микроэлементов возросло на 23,9%, общего холестерина – на 79,9% и триглицеридов – на 67,8% относительно контроля ($p < 0,05$). Во II группе, где применяли только один селеноорганический препарат, достоверное увеличение наблюдалось только по общим липидам (10,2%) и триглицеридам (49,2%).

Для дальнейшего выяснения физиологического механизма влияния Se, J и Cu на процессы ПОЛ и состояние АОС мы исследовали показатели перекисного окисления липидов и состояния антиоксидантной защиты животных в возрасте 3–4 и 8–9 месяцев жизни (табл. 2).

Таблица 2

Влияние селена, йода и меди на показатели ПОЛ и АОС растущих поросят

Группы, n=5	Показатели	Результаты исследований							
		Возраст 85 дней (I опыт)				Возраст 8 месяцев (II опыт)			
		До применения микроэлементов	Через 48 ч	15 суток	30 суток	До применения микроэлементов	Через 48 ч	15 суток	30 суток
I	ДК, мкМ/л	2,04±0,13	2,11±0,15	2,07±0,27	2,03±0,11	2,42±0,19	2,24±0,16	2,44±0,18	2,34±0,19
II		2,01±0,08	2,12±0,04	1,99±0,07*	1,82±0,13*	2,39±0,07	2,03±0,04	1,95±0,05	1,72±0,04*
III		1,92±0,02	1,72±0,03*	1,63±0,05*	1,49±0,07*	2,41±0,03	2,14±0,05	1,76±0,08*	1,54±0,07*
I	МДА, мкМ/л	3,54±0,16	3,52±0,24	3,47±0,31	3,37±0,09	3,66±0,08	3,51±0,65	3,49±0,16	4,19±0,27
II		3,63±0,08	3,42±0,22	3,60±0,07	3,02±0,04*	3,71±0,05	3,29±0,07*	2,62±0,08*	2,61±0,05*
III		3,57±0,14	3,62±0,21*	2,48±0,02	2,26±0,02*	3,59±0,04	3,34±0,04	3,07±0,03*	2,01±0,08*
I	Каталаза, мкМ/л	5,81±3,1	5,79±4,3	5,69±0,31	5,75±0,2	5,73±0,2	5,90±0,3	5,72±0,4	5,75±0,4
II		5,8±2,9	5,99±2,1	6,11±2,2*	5,96±0,8	5,62±0,5	5,89±0,3	6,05±0,3*	5,87±0,2
III		5,91±1,2	6,08±4,6*	6,48±0,39*	6,23±0,1*	5,71±0,2	5,95±0,1	6,48±0,2*	6,15±0,3*
I	Супероксиддисмутаза, ед/мин	281±14	279±15	282±17	281±13	246±19	241±22	245±16	251±23
II		279±18	292±13	313±12*	315±13*	241±21	269±20	278±15	288±12*
III		282±15	299±19	346±16*	345±15*	247±16	279±21	279±11	298±17*
I	ПРЭ, %	3,63±0,16	3,61±0,09	3,62±0,07	3,62±0,04	3,72±0,13	3,72±0,09	3,72±0,09	3,74±0,07
II		3,75±0,09	3,52±0,15	3,27±0,04*	3,51±0,06*	3,47±0,13	3,22±0,14	3,06±0,04*	2,35±0,04
III		3,84±0,07	3,54±0,12	3,42±0,07*	2,63±0,15*	3,79±0,14	3,31±0,06	3,02±0,09*	2,26±0,08*

p<0,05 относительно контроля

Диеновые конъюгаты (ДК) у животных в первом опыте уменьшились во II группе на 10,0%, в III – на 22,4%. А во втором эксперименте во II группе – соответственно: на 28,1% и в III – на 36,1% (p<0,05) от начала опыта. Уровень малонового диальдегида (МДА) уменьшается у 85–115-дневных поросят в первом опыте на 16,8% во II группе, а в III – на 26,2%. Во втором опыте (возраст 8 месяцев) МДА у свиней II группы снизился на 29,7%, а в III – на 36,7%. Уровень ДК и МДА у контрольных животных не изменялся в течение всего времени исследования (p>0,5), а в опытных группах ДК достоверно снизился (p<0,05).

Недостающие Se, J и Cu положительно влияли на антиоксидантный статус животных. Активность каталазы опытных животных повысилась на 2,8% в первом опыте и на 4,5% во втором опыте во II группе, а в III группе соответственно на 5,4% и 4,1%, а СОД – 6,1% и 19,5%; 22,3% и 20,6% относительно контрольных показателей ($p < 0,05$).

Процент гемолизируемых эритроцитов в крови животных в первом опыте во II группе к концу эксперимента снизился на 3,7%, а в III группе – на 26,2%, а во втором эксперименте – соответственно на 33,7% и на 40,4% относительно исходных данных. В контроле ПРЭ в течение опытов не изменился ($p > 0,5$).

Следовательно, применение органических препаратов, недостающих в среде и кормах селена (II группа) и Se, Cu и J (III группа), в течение месяца *per os* с месячным перерывом снижает число эритроцитов, подверженных гемолизу, перекисью водорода, т.е. стабилизирует антиоксидантную систему. Лучший результат всех исследуемых параметров ПОЛ и АОС получен в III группе поросят на откорме, где применяемые комплексно Se, J и Cu снижают интенсивность течения процессов ПОЛ в организме и стабилизируют работу антиоксидантной системы, повышая активность антиоксидантных ферментов. Это однозначно способствует улучшению процессов метаболизма, повышению интегративной функции роста, развития и прироста массы растущих поросят.

Функция прироста живой массы животных опытных групп относительно контроля обусловлена их лучшим общим физиологическим состоянием: высоким уровнем метаболизма, улучшением процессов гемопоэза [4], повышением функций антиоксидантной и эндокринной систем организма растущих животных II и III групп. Подопытные животные II группы, особенно III группы, в 9-месячном возрасте имели лучшую функцию переваримости корма, более крупные и хорошо развитые важнейшие внутренние органы в сравнении с результатами контроля (печень в контроле – $1,57 \pm 0,04$; II группа – $1,72 \pm 0,03$ и III группа – $1,92 \pm 0,06$ кг; сердце – соответственно: $0,28 \pm 0,01$; $0,31 \pm 0,01$ и $0,41 \pm 0,02$ кг; легкие – $0,68 \pm 0,02$; $0,81 \pm 0,02$ и $0,96 \pm 0,03$ кг; селезенка – $0,15 \pm 0,03$; $0,16 \pm 0,02$ и $0,21 \pm 0,03$ кг и внутренний жир – $1,64 \pm 0,03$; $1,93 \pm 0,01$ и $2,21 \pm 0,04$ кг).

Таблица 3

Аминокислотная характеристика мышц свиней
(в мг/100г ткани мышц спины)

Название аминокислот	Контроль (ОР)	I опытная группа (ОР+ДАФС-25)	II опытная группа (ОР+ДАФС-25+ CuSO ₄ + «ЙОДДАР»)
Незаменимые аминокислоты			
Лейцин	1299±29,4	1501±18,8	1403±26,6
Изолейцин	1014±28,1	1068±19,4	1104±23,3
Валин	972±24,2	1124±16,8	1218±29,8

Метионин	521±13,1	609±8,2	628±19,1*
Лизин	1614±32,6	1711±28,6	1716±28,7
Треонин	1012±17,7	1141±38,5	1201±24,9
Фенилаланин	808±12,9	809±10,1	822±10,7
Триптофан	235±11,4	249±14,7	268±7,86
Сумма:	7457±19,9	8153±16,7	8245±23,7*
Заменимые аминокислоты			
Аргинин	1061±18,6	1106±17,3	1111±12,4
Аланин	1106±19,7	1112±18,8	1132±16,4
Аспарагин	1603±24,7	1601±16,8	1609±16,4
Глицин	815±11,6	825±10,5	832±10,5
Гистидин	762±14,8	811±14,2	831±8,81*
Глутамин	3201±24,8	3202±24,8	3211±32,8
Пролин	498±8,9	491±10,4	511±12,2
Оксипролин	47±3,5	50±2,8	45±1,4
Цистин	244±13,7	252±9,94	257±15,3*
Тирозин	671±15,5	662±14,7	691±12,2
Серин	668±8,5	675±9,8	689±11,5
Сумма:	10476±15,9	10739±19,1	10879±18,0*
Общее количество аминокислот:	18064±29,1	18762±15,2	19158±14,5*

Суммарно аминокислотная характеристика мышц животных опытных групп (II — 18762±15,2; III — 19158±14,5 мг/100 г) превосходила контроль — 18064±29,1 мг/100 г ($p < 0,05$). При этом количество заменимых аминокислот опытных и контрольных животных было выше суммы незаменимых. Учитывая, что общее количество аминокислот и микроэлементов в опыте было выше контрольных показателей, можно считать, что мясо опытных животных было более полноценным, особенно в III группе. Каких-либо патологических изменений в гистологическом строении печени и почек у животных опытных групп не было обнаружено, а увеличение объема клеток и их ядер, наличие мелкой зернистости (цитоплазмы), светлой кариоплазмы указывает на усиление обмена веществ в этих клетках печени по сравнению с состоянием аналогичных клеток животных контрольных групп [4].

Количество меди, железа, кобальта, цинка, селена и йода в органах и тканях животных в конце опыта в опытных группах было выше, чем у животных контрольной группы [2-6]. Увеличение уровня метаболических процессов у растущих опытных всеядных животных, получавших недостающие в кормах Se (II группа) и особенно Se, I и Cu (III группа) дополнительно к основному рациону, позволило животным III группы достичь массы контроля на один месяц раньше. Масса животных в конце опыта в контроле составила 91,01±2,58 кг, во II группе — 98,02±5,39 кг и III группе — 107,09±3,9 кг ($p < 0,05$). При этом рентабельность производства в III группе была на 15% выше контроля, где этот показатель был равен 28%, что весьма экономически выгодно.

Заключение

Общее функциональное состояние растущих свиней в геохимических условиях региона Нижней Волги характеризуется низким уровнем практически всех физиологических процессов. При этом организм животных постоянно испытывает стресс-факторы недостаточного количества микроэлементов (Se, Co, I и частично Cu) в среде и кормах. Это приводит к нарушениям метаболизма микроэлементов, гемопоза, работы ПОЛ и антиоксидантной системы и, как следствие, к скрытым формам комбинированных гипомикроэлементозов у животных, в том числе у растущих свиней, что следует корректировать обогащением кормов рациона недостающими микроэлементами (Se, J и Cu) в биогеохимической ситуации Астраханской области. Все вышеизложенное предопределяет повышения интегративной функции роста, развития и продуктивности поросят, уменьшает сроки откорма и способствует дополнительному получению высококачественного мяса, что вносит вклад в решение проблемы импортозамещения и продовольственной безопасности России.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-01292 а.

Список литературы

1. Владимиров Ю.А. Перекисное окисление липидов биологических мембран. / Ю.А. Владимиров, А.А. Арчаков // М.: Наука, 1989. – 267 с.
2. Воробьев Д.В. Влияние препаратов селена, йода и меди на процессы метаболизма растущих свиней при гипозэлементозах / Д.В. Воробьев // Аграрный вестник Урала. — Екатеринбург. – 2011. – № 12-1 (91). — С. 16–18.
3. Воробьев Д.В. Фармакокинетические аспекты применения селенорганического препарата ДАФС-25 в ветеринарии / Д.В. Воробьев, В.И. Воробьев // Естественные науки. – 2011. — № 2 (35). — С. 125–131.
4. Воробьев Д.В. Коррекция морфофизиологических показателей при комбинированном гипозэлементозе растущих свиней препаратами селена, йода и меди в биогеохимических условиях их недостатка / Д.В. Воробьев // Естественные науки. – 2011. – № 4 (37). — С. 92–97.
5. Воробьев Д.В. Разработка физиолого-биогеохимической парадигмы как теоретической основы применения микроэлементов в животноводстве региона Нижней Волги / Д.В. Воробьев, И.Х. Хисметов, В.И. Воробьев // Фундаментальные исследования, № 11 (часть 1). – М. – 2012. – С. 66–69.
6. Воробьев Д.В. Физиологический механизм влияния недостающих в среде

микроэлементов на метаболизм и продуктивность жвачных и всеядных животных / Д.В. Воробьев. СПб.6 ЛАНЬ., 2013. – 279 с.

7. Окуневич И.В. Антиоксиданты: эффективность природных и синтетических соединений в комплексной терапии сердечно-сосудистых заболеваний / И.В. Окуневич, Н.С. Сапронов // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. Т. 3. — № 3. 2004. – С. 2–17.

8. Федин А.И. Оксидантный стресс и применение антиоксидантов в неврологии / А.И. Федин // Атмосфера. Нервные болезни. – М., 2002. – С. 15–18.

9. Цыганский Р.А. Циклы свободнорадикального окисления липидов и действие антиоксидантов у продуктивных животных / Р.А. Цыганский // Циклы природы и общества: Матер. IX междунар. конф. (г. Ставрополь, 25–28 сентября, 2001 г.) — Ставрополь, 2001. – С. 123–126.

10. Dembinski, S. Z. Wplyw podawania selena na rosrod swin / S. Z. Dembinski, M.N. Browinski, A. Vandurski // P. 164–166.

11. Halliwell, B. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance / B. Halliwell, S. Chirico // Am J Clin Nutr Vol. 57, 1993. — P. 715–725.

Рецензенты:

Пучков М.Ю., д.с.-х.н., профессор, директор Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства, г. Астрахань;

Федорова Н.Н., д.м.н., профессор, профессор кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань.