СНИЖЕНИЕ ПРЕДУБОЙНОГО СТРЕССА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Остренко К.С., Полякова Л.Л.

¹*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства
– ВИЖ им. ак. Л. К. Эрнста, Боровск, Калужской обл., Российская Федерация*

Высокие уровни стресса повышают восприимчивость к болезням, ухудшают рост и размножение, снижают качество мяса. В связи с развитием послеубойных окислительно-восстановительных процессов в свинине, предубойный стресс приводит к усиленному распаду гликогена в мышечной ткани, значительному снижению рН и развитию синдрома PSE (pale, soft, exudative) мяса. Цель данной работы – изучить влияние адаптогена и стресс-протектора аскорбата лития на качество мяса у свиней породы ирландский ландрас. Четыре опытные группы получали с кормом аскорбат лития в количестве: I – 10, II – 5, III – 2; IV – 0,5 мг/кг ЖМ на протяжении всего периода откорма, контрольная группа находилась на основном рационе без добавления препарата. Рационы кормления составлялись в расчёте на получение среднесуточного прироста живой массы от 500-700 г. Для исследования у каждой полутуши отбирались образцы длиннейшей мышцы на уровне 9-12 грудных позвонков. Изменения рН мяса в опытных группах коррелировало с содержанием в ткани летучих жирных кислот. В группе с добавкой аскорбата лития в количестве 10 мг/кг ЖМ уровень ЛЖК был ниже на 3,1% ($P < 0,05$) в сравнении с контролем. Жирные, ароматические и другие кислоты, в том числе летучие, образуются в мясе в результате дезаминирования аминокислот при гниении мяса. При сдвигах рН в кислую сторону возникает ацидоз, негативно влияющий на сокращение мышц, но в послеубойный период возникновение ацидоза препятствует сокращению мышечных волокон, что повышает органолептические качества мясной продукции, но до определённой границы. Повышая стресс-резистентность, аскорбат лития предупреждает активизацию обменных процессов под действием катехоламинов и снижает уровень органических кислот в мышечных волокнах, что способствует улучшению показателей органолептического анализа. При анализе органолептической оценки бульона из мяса животных I группы по вкусу, наваристости и общей оценке отмечено повышение баллов ($P < 0,05$). Для улучшения органолептических и физико-химических показателей мясной продукции рекомендовано включать в стандартный рацион аскорбат лития в дозе 10 мг/кг живой массы на протяжении всего периода откорма.

Ключевые слова: свиньи, адаптогены, аскорбат лития, качество мяса, физико-химические свойства, органолептический анализ

Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 2: 66-74

Введение

В последние десятилетия приоритет в свиноводстве отдаётся, главным образом, увеличению роста мышечной массы и уменьшению жировых депо (Бажов и др., 2013, Ниязов и др., 2019). Толщина слоя подкожного жира влияет на качества мяса, предотвращая окорока от чрезмерных потерь воды и ухудшения органолептических характеристик (Устьянцева, 2009). Кроме того, потеря воды в отверждённых окороках также зависит от содержания жира в мышечной ткани, так как наличие межмышечного и внутримышечного жира улучшает органолептические свойства мяса (Устьянцева, 2009). Количество и состав внутримышечного жира являются важными факторами, определяющими качество мяса и его потребительские свойства. Современные требования к этой пищевой продукции повышают актуальность изучения факторов, лежащих в основе качественных характеристик с целью найти баланс между тем, что важно для потребителя, и что перспективно для отрасли. Несмотря на то, что в последние десятилетия были предприняты значительные усилия

по улучшению качества мяса свинины, в имеющемся массиве литературных данных недостаточно чётко выявлены основные факторы, влияющие на качественные характеристики и состав конечных мясных продуктов (Cook, 1996, 2009; Detmer, 2011). Существующие различия в результатах исследований могут быть обусловлены паратипическими факторами и генетическими особенностями изучаемой популяции, в частности, типом информации, используемой для расчёта генетических параметров, например, при использовании геномных данных или информации по племенному учёту. Мы подошли к данной проблеме со стороны возможных нарушений физиолого-биохимических механизмов, приводящих к ухудшению качества мяса под действием технологических стрессовых воздействий, в том числе возникающих при убое.

Предубойный стресс приводит к повышенному распаду гликогена и значительному сдвигу рН в кислую сторону. Когда рН-баланс смещается в кислую сторону, возникает ацидоз, что отрицательно влияет на сокращение мышц. В послеубойный период возникновению ацидоза препятствует сокращение мышечных волокон, что повышает до определённого предела органолептические качества мясных продуктов. Условия погрузки и разгрузки, неблагоприятные погодные условия, недостаток корма и воды, длительность перевозки, смешивание с животными из других групп, скученность и состояние усталости – это распространённые стрессовые факторы у свиней (Gajana, 2013). Высокий уровень стресса повышает восприимчивость к болезням, уменьшает продолжительность жизни маток, ухудшают рост, размножение, вызывают поведенческие отклонения, снижают качество мяса (Görres, 2016).

Специфика послеубойных окислительно-восстановительных процессов в свинине характеризуется развитием синдрома PSE (pale, soft, exudative) мяса. Известно, что в настоящее время по отдельным регионам России количество свинины с признаками PSE, получаемое при убое животных на промышленных комплексах, составляет 35-40%, в хозяйствах – 25-30%. Небольшое снижение величины рН мышечной ткани происходит в ходе обычного автолиза, но предубойный стресс приводит к более значительному сдвигу рН в кислую сторону на фоне усиленного распада гликогена (Görres, 2016). Так, в случае образования мяса с PSE-признаками, рН через 45 мин после убоя составляет 5,4. Ускоренный гликолиз связан с повреждением саркоплазматической сети в PSE-мышечной ткани и освобождением Ca^{2+} (Khan, 2013). Кроме того, в PSE-ткани в процессе автолиза ионы кальция высвобождаются из саркоплазматического ретикулума не в той степени, как в NOR-мясе, что также препятствует развитию глубокого посмертного окоченения в экссудативной мышечной ткани (Lebret, 2011).

Исследователи отмечают в основном лишь корректирующие эффекты производимых воздействий, хотя предупреждение образования сырья с отклонениями в процессе автолиза (например, посредством устранения стресса перед убоем и оценки качества мяса каждой туши для предоставления информации с целью оптимизации племенного поголовья) может в определённой степени свести к минимуму производство некачественного мяса (Lebret, 2006). Снизить риск получения мяса с PSE-признаками возможно при прижизненном использовании адаптогенных препаратов, позволяющих нормализовать нейро-гуморальный фон и снизить риски возникновения мяса с признаками PSE; в частности, предложено применение нормотимиков как нового для свиней класса адаптогенов (Moore, 2012).

Молекулярно-клеточные исследования показали, что натрий-литиевый противотранспорт поддерживается, в частности, натриевыми ионными каналами SLC20A, SLC34A2 и в условиях ингибирования убиквитин-лигазы NEDD4L₂ способствующей деградации ионных каналов. Применение лития в дозе 2,4-3 г/сутки (30-45 мг/кг), приводит к изменениям электрокардиограммы, соответствующим гипокалиемии. В этом отношении выгодно отличается аскорбат лития, у которого ЛД50 составляет 6,33 г/кг, а эффективная дозировка вирует в пределах 1,8-2 мг/кг (Остренко, 2016). Кроме того, ионы лития воздействуют на метаболизм катехоламинов и серотонина в гиппокампе, активность нейрональных протеинкиназ и функции щитовидной железы Биологические эффекты лития в определённой степени зависят от концентрации двухвалентных ионов, прежде всего – магния. Недостаточная обеспеченность литием и магнием приводит у животных к повышению риска развития возбудимости и снижению стресс-резистентности. Ионы магния оказывают влияние на двунаправленные потоки лития через мембрану эритроцитов.

Ингибирование литием гликогенсинтазы-киназы-3 может осуществляться, отчасти, за счет вытеснения ионов магния из сайтов на поверхности молекулы фермента. Ионы магния и лития

также конкурируют за сайты связывания G-белок-зависимого сигнального белка трансдуцина и миоинозитол-монофосфатазы (Yagy et al., 2016).

Важным направлением в изучении эффективности препаратов лития является исследование нейротрофического и нейропротекторного действия ионов лития. Экспериментальные и клинические исследования действия неорганических и органических солей лития выявили нейропротективный эффект ионов лития в условиях повышенного стрессового воздействия. Установлены также нейротрофические эффекты ионов лития, связанные с ростом и развитием нейронов.

Одним из основных механизмов нейротрофического эффекта ионов лития в нейронах является их действие на уровне гомеостаза инозитолфосфатов. В частности, ионы лития ингибируют фермент инозитолмонофосфатазу (IPM1). Более того, эффекты лития на нейроны воспроизводятся в трансгенной модели с делецией гена IPM1 и способствуют снижению концентрации свободного миоинозитола и повышению концентраций инозитолмонофосфатов в головном мозге (Mann et al., 2009).

Повышение стресс-резистентности способствует снижению уровня катехоламинов и глюкокортикоидов в крови и мясе. Главной особенностью применения адаптогенов является нормализация углеводного обмена, что способствует сохранению гликогена в мышечной ткани и позволяет в послеубойный период сохранить качество мяса на высоком уровне.

В связи с тем, что в наших исследованиях аскорбат лития применялся на протяжении всего периода откорма, необходимо было проверить, оказывает ли данный препарат влияние на биохимические и органолептические показатели качества мясной продукции. По ранее проведенным работам было показано, что применение аскорбата лития повышает продуктивность животных и вызывает стимуляцию обменных процессов у свиней. Возникла необходимость оценить влияния лития на процесс созревания мяса и органолептические показатели.

Цель данной работы – изучить влияние адаптогена и стресс-протектора аскорбата лития на качество мяса у свиней породы ирландский ландрас.

Материал и методы

Опыты были проведены в АО «Шумятино» Малоярославецкого района Калужской области на 5 группах поросят породы ирландский ландрас по 10 голов в каждой. Опытные и контрольные группы были сформированы из поросят 2-месячного возраста. Рацион и технологический процесс не отличались от основной технологии откорма и дорастивания поросят. Четыре опытные группы получали с кормом аскорбат лития вводили с кормом в количестве: I – 10, II – 5, III – 2; IV – 0,5 мг/кг ЖМ на протяжении всего периода откорма. Контрольная группа поросят находилась на основном рационе без добавления препарата. При проведении опыта рационы кормления составлялись согласно нормам ВИЖ (программа Корм Оптима Эксперт), при этом уровень кормления был составлен в расчёте на получение среднесуточного прироста живой массы 500-700 г. Рационы состояли из полнорационных комбикормов СК-5, СК-6, СК-7. Животные содержались в станках безвыгульно. Климат в помещениях поддерживался в автоматическом режиме согласно зооигиеническим требованиям. Вода была в свободном доступе. Общий цикл выращивания – 210 дней.

Для изучения физико-химических параметров мышечной ткани после обваловки отбирали образцы длиннейшей мышцы спины на уровне 9-12 грудных позвонков, по 400 г от каждой полутуши. Качество мяса определяли в соответствии с ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Проводили органолептическую оценку мяса, категориальность туш определяли согласно ГОСТ 1213-79 «Свинья для уоя. Технические условия». Уровень pH, ЛЖК и другие показатели определяли через 24 часа после забоя.

Органолептическая оценка заключается в определении внешнего вида мяса, консистенции, запаха, состояния жира, сухожилий и качества бульона по его цвету, прозрачности, запаху и вкусу. Статистическую оценку результатов органолептического анализа качества мяса и бульона проводили в соответствии с «Методическими указаниями по применению шкалы баллов». Оценка качества мяса проводят по 10-балльной системе. Каждому из перечисленных показателей отводят определенное предельное количество баллов. Для проверки различий в параметрах качества мяса

между контрольной и опытными группами использовали однофакторный дисперсионный анализ с оценкой достоверности различий по *t*-критерию.

Результаты и обсуждение

Изменения рН мяса в опытных группах коррелировали с содержанием летучих жирных кислот. Так, в опытных группах уровень ЛЖК ниже; в группе с дозировкой 10 мг аскорбата лития/кг ЖМ их уровень был на 3,17% ниже, чем в контроле ($P < 0,05$), что является показателем качества мяса. В ходе исследований были зафиксированы более высокие значения рН в первой опытной группе на 3% в сравнении с контрольной группой

Исследования проводились через 24 часа после убоя и охлаждения туш. Туши свиней по внешнему виду были бледно-розового цвета с корочкой подсыхания, мышцы плотные и упругие, ямка от надавливания пальцем быстро выравнивалась. На разрезе мышцы были слегка влажными, бледно-розового цвета, не оставляющие влажного пятна на фильтровальной бумаге. Запах специфический, характерный для свежей свинины. Жир бледно-розового цвета. Сухожилия плотные и упругие, а поверхность суставов гладкая и блестящая. Бульон в процессе нагревания до 80-85°C оставался прозрачным и был ароматным. Таким образом, органолептические методы подтвердили свежесть свинины, что показало и микроскопирование мазков отпечатков: единичные кокки в поле зрения и отсутствие следов распада ткани (табл. 1).

Таблица 1. Влияние аскорбата лития на показатели свежести мяса свиней

Группы	рН	Пероксидаза	Реакция с CuSO ₄	ЛЖК (мг КОН*)
Контроль	5,61±0,09	+	-	3,58 ± 0,05
I	5,78±0,05*	+	-	3,47 ± 0,04*
II	5,73±0,08	+	-	3,51 ± 0,06
III	5,68±0,12	+	-	3,52 ± 0,08
IV	5,61±0,14	+	-	3,52 ± 0,12

Примечание: * $P < 0,05$ по *t*- критерию при сравнении с контролем, по . ГОСТ 9959-2015.

Уровень содержания ЛЖК, положительная реакция на пероксидазу и отрицательная с медным купоросом свидетельствовали о свежести туш свиней и о нормально протекающем послеубойном созревании мяса животных, получавших аскорбат лития (табл. 1). Бактериологические исследования внутренних органов, посевы на мясо-пептонный агар и среду для выявления эндопатогенной микрофлоры не выявили.

Стресс формирует кислородную задолженность в мышцах, сопровождается снижением концентрации оксигемоглобина в крови. Высокая концентрация адреналина вызывает расщепление гликогена печени и мышц.

После убоя происходит автолиз, биохимические процессы в тканях продолжают, но изменяется их функциональное значение, что приводит к изменению свойств, причем более существенным изменениям подвержена мышечная ткань. В мышцах происходит активация ферментов, отвечающих за реакции распада, происходит накопление молочной кислоты, что вызывает «закисление» мышечной ткани (снижение рН); это способствует повышению сохранности туши к действию гнилостных бактерий. Применение аскорбата лития на протяжении периода доразивания и откорма позволяет сохранять в клетках мышц достаточный запас гликогена, что обусловлено снижением функциональной активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. В послеубойный период гликоген продолжает расщепляться до глюкозы и пирувата. В дальнейшем под действием лактатдегидрогеназы пируват восстанавливается до молочной кислоты, но при наличии достаточного количества ионов Na⁺ и K⁺ происходит реакция нейтрализации, и молочная кислота переходит в лактат (натриевая или калиевая соль молочной кислоты) (Mann et al., 2009).

По действием предубойного стресса активизируется выброс альдостерона, отвечающего за поддержание оптимального водно-солевого гомеостаза. Основным органом-мишенью действия гормона являются почки, где альдостерон вызывает усиление реабсорбции натрия, с задержкой его в организме, и повышением экскреции калия с мочой (Gajana, 2013). Избыточная продукция альдостерона ведёт к задержке в организме натрия и воды, а после убоя при созревании мяса молочная кислота нейтрализуется, уровень pH возрастает и свинина с идет с дефектом «тёмная, жёсткая, сухая» (DFD – dark, firm, dry) (Moore, 2012)

В ходе проведенного исследования было зафиксировано наличие более высоких значений pH в первой опытной группе относительно контрольной группы. Ацидоз негативно влияет на сокращение мышц, но в послеубойный период возникновение ацидоза препятствует сокращению мышечных волокон, что повышает органолептические качества мясной продукции, но до определённой границы. Качество мяса NOR (normal) – это узкий интервал показателей, в большей степени зависящий не от породных качеств, а от уровня кормления и негативных внешних воздействий. Высокое содержание молочной кислоты приводит к повреждению саркоплазматического ретикула и высвобождению Ca^{2+} . Ионы кальция активируют протеазы, расщепляющие белки, что вызывает потери качества мяса (Rey-Salgueiro, 2015; Soler, 2013).

Изменения pH мяса в опытных группах коррелирует с содержанием в ткани летучих жирных кислот. Так, в опытной группе с дозировкой аскорбата лития 10 мг/кг ЖМ уровень ЛЖК был ниже на 3,1% в сравнении с контролем ($P<0,05$), что также является показателем качества мяса. Жирные, ароматические и другие кислоты, в том числе и летучие, образуются в мясе в результате дезаминирования аминокислот (прямого, восстановительного, окислительного и гидролитического типа) при гниении мяса. Кроме того, жирные кислоты могут образовываться и под влиянием некоторых анаэробных микроорганизмов. Установлено, что на ранних стадиях гнилостного разложения в наибольшем количестве образуется уксусная кислота, за ней следует масляная, на более поздних стадиях появляются муравьиная и пропионовая кислоты. Таким образом, общее количество этих кислот может служить одним из показателей свежести мяса. Понижение данного показателя в опытных группа свидетельствует о повышении качества мясной продукции.

При сравнении баллов органолептической оценки мяса (табл. 2), обращает на себя внимание то, что доза аскорбата лития 10 мг/кг ЖМ, вводимая поросётам на откорме, не ухудшала внешний вид, аромат, вкус, консистенцию и сочность мяса. При анализе органолептической оценки бульона из мяса животных I опытной группы по вкусу, наваристости и общей оценке отмечено повышение баллов органолептической оценки ($P<0,05$).

Таблица 2. Органолептические показатели мяса и бульона из мяса свиней, получавших аскорбата лития (баллы)

Группы	Внешний вид	Аромат	Вкус	Консистенция	Сочность	Общая оценка
Мясо						
Контроль	7,3±0,23	7,3±0,11	7,1±0,23	7,4± 0,23	7,2 ± 0,35	7,2 ± 0,3
I (10 мг/кг)	7,6±0,11	7,0±0,23	7,2±0,35	7,4± 0,23	7,7 ± 0,35	7,2 ± 0,3
II (5 мг/кг)	7,4±0,21	7,2±0,18	7,2±0,24	7,4±0,27	7,7±0,37	7,2±0,6
III (2 мг/кг)	7,0±0,18	6,8±0,27	7,0±0,19	7,0±0,34	7,2±0,28	7,0±0,4
Бульон						
Группа	Внешний вид	Аромат	Вкус	Прозрачность	Наваристость	Общая оценка
Контроль	6,1±0,23	6,1±0,23	5,8±0,47	5,7± 0,47	5,7 ± 0,47	5,7 ± 0,3
I (10 мг/кг)	6,7±0,23*	6,5±0,35	7,0±0,25*	7,0± 0,23*	7,0 ± 0,23*	6,7 ± 0,3*
II (5 мг/кг)	6,6±0,17	6,4±0,28	7,2±0,39	7,0±0,27	7,0±0,17	6,7±0,7
III (2 мг/кг)	5,9±0,31	5,8±0,47	6,4±0,28	7,0±0,34	7,0±0,46	6,7±0,8

Примечание: * $P<0,05$ *t*-критерию при сравнении с контролем/

Применение аскорбата лития в качестве стресспротектора позволяет снизить негативные воздействия стресс-факторов, что приводит к повышению показателей органолептического анализа.

При убоя на мясокомбинате производили оценку категорий туш согласно ГОСТ 1213-79, при этом установили влияние аскорбата лития на повышение категоричности, что также свидетельствует об эффективности применения адаптогенов в технологии откорма.

Введение аскорбата лития в корм поросётам в течение всего периода откорма, снижая нагрузку на кортикотропную ось, позволяет использовать полученную энергию на поддержание и прирост и реализовать генетический потенциал породы, что влияет на категоричность туш при убое. Зафиксировано увеличение числа туш II и III категории (табл. 3).

Таблица 3. Влияние аскорбата лития на категоричность туш при убое (M±m, n=10)

Группы	Категории					
	II		III		IV	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Контроль	4	40	5	50	1	10
I (10 мг/кг)	8	80	2	20	0	0
II (5 мг/кг)	8	80	2	20	0	0
III (2 мг/кг)	6	60	2	20	2	20

Таким образом, аскорбат лития в использованной схеме и дозе при откорме свиней породы ирландский ландрас, позволяет повысить количество, категорию и качества мяса.

При повышении стрессоустойчивости аскорбат лития препятствует активации обменных процессов под действием катехоламинов и снижает уровень органических кислот в мышечных волокнах. Применение аскорбата лития в качестве стресс-протектора позволяет снизить эти негативные эффекты и приводит к увеличению показателей органолептического анализа. Используемая схема использования аскорбата лития позволит достичь наилучших органолептических и физико-химических качеств мясных продуктов.

Заключение

В ходе исследования установлено, что включение в рацион аскорбата лития приводит к повышению категоричности туши и повышению послеубойного качества мяса. Повышая стресс-резистентность, аскорбат лития предупреждает активизацию обменных процессов под действием катехоламинов и снижает уровень органических кислот в мышечных волокнах.

В свинине с пороком DFD уровень pH выше 6,3, тёмная окраска, грубая структура волокон, высокая водосвязывающая способность, повышенная липкость. В PSE-свинине происходит быстрый распад гликогена, наблюдаются интенсивное накопление молочной кислоты, приводящее к разрушению сарколеммы и активизации протеолитических ферментов.

Полученные данные свидетельствуют, что оптимальный уровень гликолиза обеспечивается только в мясе нормального качества (NOR – свинина), т.е. при высокой прижизненной стресс-резистентности организма, что обуславливает целесообразность применения аскорбата лития на протяжении всего цикла откорма и доращивания свиней. Стрессовые отклонения создают неблагоприятные условия, при которых развивается избыточный ацидоз мяса или микробная порча, вызывающие в дальнейшем снижение его физико-химических и органолептических свойств.

По влиянию на качество мяса рекомендуется включать в стандартный рацион аскорбат лития в дозировке 10 мг/кг живой массы на протяжении всего периода откорма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бажов Г.М., Крыштоп Е.А., Бараников А.И. Технологическая характеристика свинины с пороками PSE и DFD // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 973-984.
2. Ниязов Н.С.-А., Остренко К.С., Лемешевский В.О., Овчарова А.Н. Эффективность антиоксидантного действия добавок витамина С у супоросных и лактирующих свиноматок // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2019. – № 3. – С. 67-77. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.3.67-77

3. Остренко К.С., Громова О.А., Торшин И.Ю., Сардарян И.С., Пронин А.В., Стельмашук Е.В., Хаспеков Л.Г. Аскорбат лития улучшает адаптацию к стрессу на моделях *in vitro* и *in vivo* // Фармакодинамика и фармакокинетика. – 2016. – № 3. – С. 13-20.
4. Устьянцева И.М., Хохлова О.И. Новые представления о роли лактата при шоке // Политравма. – 2009. – № 2. – С. 70-73.
5. Babicz M., Szyndler-Nędza M., Skrzypczak E., Kasprzyk A. Reproductive performance of native pulawska and high productivity polish landrace sows in the context of stress during the period of early pregnancy // *Reprod. Domest. Anim.* – 2016. – Vol. 51. – No. 1. – P. 91-97. DOI: 10.1111/rda.12650
6. Cook N. Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals // *Canad. J. Anim. Sci.* – 2012. – Vol. 92. – P. 227-259.
7. Cook N.J., Schaefer A.L., Lepage P., Morgan J.S. Salivary vs. serumcortisol for the assessment of adrenal activity in swine // *Canad. J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 76. – P. 329-335.
8. Detmer S.E., Patnaya, D. P., Jian, Y., Grame, M.R., Goya, S.M. Detection of Influenza A virus in porcine oral fluid samples // *J. Veter. Diagn. Invest.* – 2011. – Vol. 23. – P. 241-247.
9. Gajana C.S., Nkukwana T.T., Marume U., Muchenje V. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork // *Meat Sci.* – 2013. – Vol. 95. – P. 520-525.
10. Görres A., Ponsuksili S., Wimmers K., Muráni E. Genetic variation of the porcine NR5A1 is associated with meat color // *J. Appl. Genet.* – 2016. – Vol. 57. – No. 1. – P. 81-89. DOI: 10.1007/s13353-015-0289-2.
11. Khan M., Ringseis R., Mooren F.C., Krüger K., Most E., Eder K. Niacin supplementation increases the number of oxidative type I fibers in skeletal muscle of growing pigs // *BMC Vet. Res.* – 2013. – Vol. 9. – P. 177-198. DOI: 10.1186/1746-6148-9-177.
12. Lebreton B., Meunier-Salaün M.C., Foury A., Mormède P., Dransfield E., Dourmad J.Y. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – No. 9. – P. 2436-2447.
13. Lebreton B., Prunier A., Bonhomme N., Foury A., Mormède P., Dourmad J.Y. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system // *Meat Sci.* – 2011. – Vol. 88. – No. 1. – P. 14-22. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.11.025.
14. Mann L., Heldman E., Bersudsky Y., Vatner S.F., Ishikawa Y., Almog O., Belmaker R.H., Agam G. Inhibition of specific adenylyl cyclase isoforms by lithium and carbamazepine, but not valproate, may be related to their antidepressant effect // *Bipolar. Disord.* – 2009. – Vol. 11. – No. 8. – P. 885-896.
15. Moore K.L., Mullan B.P., D'Souza D.N. The interaction between ractopamine supplementation, porcine somatotropin and moisture infusion on pork quality // *Meat Sci.* – 2012. – Vol. 92. – No. 2. – P. 125-131. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.04.022.
16. Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Galochkin V.A., Lencher O.S. Increasing the productivity of pigs under the influence of a new generation of stress protectors // *Adv. Agric. Biol. Sci.* – 2019. – Vol. 2. – P. 5-14. DOI: 10.22406/aabs-19-5.2-5-14.
17. Peeters E., Driessen B., Geers R. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress responses and pork quality // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – No. 7. – P. 1827-1838.
18. Rey-Salgueiro L., Martínez-Carballo E., Fajardo P., Chapela M.J., Espiñeira M., Simal-Gandara J. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse // *Meat Sci.* – 2018. – Vol. 142. – P. 38-43. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.04.005.
19. Rey-Salgueiro L., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara J. Liquid chromatography-mass spectrometry method development for monitoring stress-related corticosteroids levels in pig saliva // *J. Chromat. B: Anal. Technol. Biom. Life Sci.* – 2015. – Vol. 990. – P. 158-163.
20. Soler L., Gutiérrez A., Escribano D., Fuentes M., Cerón, J. J. Response of salivary haptoglobin and serum amyloid A to social isolation and short road transport stress in pigs // *Res. Veter. Sci.* – 2013. – Vol. 95. – P. 298-302.
21. Tomovic V.M. Technological quality and composition of the M. semimembranosus and M. longissimusdorsi from Large White and landrace Pigs // *Agric. Food Sci.* – 2014. – Vol. 23. – P. 9-18.
22. Vermeulen L., Van de Perre V., Permentier L., De Bie S., Verbeke G., Geers R. Pre-slaughter sound levels and pre-slaughter handling from loading at the farm till slaughter influence pork quality // *Meat. Sci.* – 2016. – Vol. 116. – P. 86-90. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.02.007.
23. Vermeulen L., Van de Perre V., Permentier L., De Bie S., Verbeke G., Geers R. Pre-slaughter and ligand pork quality // *Meat. Sci.* – 2015. – Vol. 100. – P. 118-123.
24. Yary T., Lehto S.M., Tolmunen T., Tuomainen T.P., Kauhanen J., Voutilainen S., Ruusunen A. Dietary magnesium intake and the incidence of depression: A 20-year follow-up study // *J. Affect. Disord.* – 2016. – Vol. 193. – P. 94-98.

REFERENCES

1. Babicz M., Szyndler-Nędza M., Skrzypczak E., Kasprzyk A. Reproductive Performance of native pulawska and high productivity polish landrace sows in the context of stress during the period of early pregnancy. *Reprod. Domest. Anim.* 2016, 51(1): 91-97. DOI: 10.1111/rda.12650.
2. Bazhov G.M., Krysh-top E.A., Baranikov A.I. [Technological characteristics of pork with defects PSE and DFD]. *Polithematically setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Multidisciplinary network electronic scientific journal of Kuban GAU.* 2013, 89: 973-984. (In Russian)
3. Cook N. J., Schaefer, A. L., Lepage, P., Morgan J.S. Salivary vs serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. *Can. J. Anim. Sci.* 1996, 76: 329-335.
4. Detmer S.E., Patnaya, D. P., Jian, Y., Grame, M.R., Goya, S.M. Detection of Influenza A virus in porcine oral fluid samples. *J. Veter. Diagn. Invest.* 2011, 23: 241-247.
5. Gajana C.S., Nkukwana T.T., Marume U., Muchenje V. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. *Meat Sci.* 2013, 95: 520-525.
6. Görres A., Ponsuksili S., Wimmers K., Muráni E. Genetic variation of the porcine NR5A1 is associated with meat color. *J. Appl. Genet.* 2016, 57(1): 81-89. DOI: 10.1007/s13353-015-0289-2.
7. Cook N. Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals. *Can. J. Anim. Sci.* 2012, 92: 227-259.
8. Khan M., Ringseis R., Mooren F.C., Krüger K., Most E., Eder K. Niacin supplementation increases the number of oxidative type I fibers in skeletal muscle of growing pigs. *BMC Vet. Res.* 2013, 9: 177-198. DOI: 10.1186/1746-6148-9-177.
9. Lebret B., Meunier-Salaün M.C., Foury A., Mormède P., Dransfield E., Dourmad J.Y. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *J. Anim. Sci.* 2006, 84: 9: 2436-2447.
10. Lebret B., Prunier A., Bonhomme N., Foury A., Mormède P., Dourmad J.Y. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. *Meat Sci.* 2011, 88(1): 14-22. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.11.025.
11. Mann L., Heldman E., Bersudsky Y., Vatner S.F., Ishikawa Y., Almog O., Belmaker R.H., Agam G. Inhibition of specific adenylyl cyclase isoforms by lithium and carbamazepine, but not valproate, may be related to their antidepressant effect. *Bipolar Disord.* 2009, 11(8): 885-896.
12. Moore K.L., Mullan B.P., D'Souza D.N. The interaction between ractopamine supplementation, porcine somatotropin and moisture infusion on pork quality. *Meat Sci.* 2012, 92(2): 125-131. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.04.022.
13. Niyazov N.S.-A., Ostrenko K.S., Lemeshevskii V.O., Ovcharova A.N. [The effectiveness of the antioxidant effects of vitamin C supplements in pregnant and lactating sows]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2019, 3: 67-77. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.3.67-77. (In Russian)
14. Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Galochkin V.A., Lencher O.S. Increasing the productivity of pigs under the influence of a new generation of stress protectors. *Adv. Agric. Biol. Sci.* 2019, 2: 5-14. DOI: 10.22406/aabs-19-5.2-5-14.
15. Ostrenko K.S. Gromova O.A., Torshin I.YU., Sardaryan I.S., Pronin A.V., Stel'mashchuk E.V., Haspekov L.G. [Lithium ascorbate improves stress adaptation in in vitro and in vivo models]. *Farmakodinamika i farmakokinetika - Pharmacodynamics and Pharmacokinetics.* 2016, 3: 13-20.
16. Peeters E., Driessen B., Geers R. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress responses and pork quality. *J. Anim. Sci.* 2006, 84(7): 1827-1838.
17. Rey-Salgueiro L., Martínez-Carballo E., Fajardo P., Chapela M.J., Espiñeira M., Simal-Gandara J. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse. *Meat Sci.* 2018, 142: 38-43. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.04.005.
18. Rey-Salgueiro L., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara J. Liquid chromatography-mass spectrometry method development for monitoring stress-related corticosteroids levels in pig saliva. *J. Chromat. B: Anal. Technol. Biom. Life Sci.* 2015, 990: 158-163.
19. Soler L., Gutiérrez A., Escribano D., Fuentes M., Cerón J.J. Response of salivary haptoglobin and serum amyloid A to social isolation and short road transport stress in pigs. *Res. Veter. Sci.* 2013, 95: 298-302.
20. Tomovic V.M. Technological quality and composition of the *M. semimembranosus* and *M. longissimus dorsi* from large white and landrace pigs. *Agric. Food Sci.* 2014, 23: 9-18.
21. Ust'yantseva I.M., Khokhlova O.I. [New insights into the role of lactate in shock]. *Politravma-Politrauma.* 2009, 2: 70-73. (In Russian)

22. Vermeulen L., Van de Perre V., Permentier L., De Bie S., Verbeke G., Geers R. Pre-slaughter sound levels and preslaughter handling from loading at the farm till slaughter influence pork quality. *Meat Sci.* 2016, 116: 86-90. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.02.007.
23. Vermeulen L., Van de Perre V., Permentier L., De Bie S., Verbeke G., Geers R. Pre-slaughter handling and pork quality. *Meat Sci.* 2015, 100: 118-123.
24. Yary T, Lehto S.M., Tolmunen T., Tuomainen T.P., Kauhanen J., Voutilainen S., Ruusunen A. Dietary magnesium intake and the incidence of depression: A 20-year follow-up study. *J. Affect. Disord.* 2016, 193: 94-98.

Reducing pre-slaughter stress as a factor for improving the quality of meat products

Ostrenko K.S., Polyakova L.L.

*Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition - Branch of Ernst
Federal Science Center for Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. High stress levels increase susceptibility to disease, impair growth and reproduction, and reduce meat quality. Due to the development of post-slaughter redox processes in pork, pre-slaughter stress leads to increased breakdown of glycogen in muscle tissue, a significant decrease in pH and the development of PSE (pale, soft, exudative) syndrome of meat. The aim of this work was to study the effect of the adaptogen and stress-protector lithium ascorbate on meat quality in pigs of the Irish Landrace breed. Four experimental groups received lithium ascorbate with food in an amount: I – 10, II – 5, III – 2; IV – 0.5 mg/kg LW throughout the entire period of feeding, the control group was on the main diet without the addition of the drug. The diets were calculated based on the average daily gain in live weight from 500-700 g. For research, samples of the longissimus dorsi muscle at the level of 9-12 thoracic vertebrae were taken from each half-carcass. Changes in the pH of meat in the experimental groups correlated with the content of volatile fatty acids in the tissue. In the group supplemented with lithium ascorbate in the amount of 10 mg/kg LW, the level of VFA was 3.1% lower ($P < 0.05$) compared to the control. Fatty, aromatic and other acids, including volatile, are formed in meat as a result of deamination of amino acids at rotting meat. When pH shifts to the acidic side, acidosis occurs, which negatively affects muscle contraction, but in the post-mortem period, the occurrence of acidosis prevents muscle fiber contraction, which increases to a certain limit the organoleptic qualities of meat products. Increasing stress resistance, lithium ascorbate prevents the activation of metabolic processes under the action of catecholamines and reduces the level of organic acids in muscle fibers, which contributes to an improvement in data of organoleptic analysis. When analyzing the organoleptic evaluation of the bouillon from meat of animals of group I according to taste, richness and general assessment, an increase in the points of organoleptic evaluation was noted ($P < 0.05$). To improve the organoleptic and physico-chemical characteristics of meat products, it is recommended to include lithium ascorbate in a standard diet at a dose of 10 mg/kg body weight throughout the entire feeding period.

Key words: adaptogens, lithium ascorbate, meat quality, physicochemical properties, organoleptic analysis

Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 2: 66-74

Поступило в редакцию: 21.04.2020

Получено после доработки: 05.06.2020

Остренко Константин Сергеевич, зав. лаб., д.б.н., т.+7(910)916-66 58; ostrenkoks@gmail.com.
Полякова Людмила Леонидовна, м.н.с.