

## ОБЗОРЫ/REVIEWS

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117>



УДК 636.52/.58.085:591.044

### **Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор)**

© 2019. П.С. Остапчук, Д.В. Зубоченко, Т.А. Куевда

ФГБУН "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма",  
г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация

*В обзорной статье изложена роль антиоксидантов и их использование в качестве добавок в корм для различных видов сельскохозяйственных животных и птицы. Установлено, что защита, которую активируют поступающие антиоксиданты, основана на предотвращении утечки свободных электронов в митохондриях клеток путем очистки промежуточных радикалов витаминами, глутатионами, мочевой кислотой, билирубином, убихинолом и т. д.; восстанавливаются и удаляются поврежденные молекулы и активизируется синтез новых молекул. Кормовые добавки природного происхождения характеризуются высоким содержанием антиоксидантов и применение их в животноводстве и птицеводстве позволяет повысить эффективность выращивания животных и птицы. В обзоре приводятся факты наличия в растениях источников природных антиоксидантов, в основе которых фенольные соединения и флавоноиды играют жизненно важную роль в предотвращении заболеваний, связанных как с окислительным стрессом, при котором образуются свободные радикалы, так и в качестве ингибиторов патогенной микрофлоры. В ходе окисления продуктов животноводства происходят органолептические изменения, влияющие на сроки хранения. Степень окисления продуктов животноводства может быть ограничена наличием антиоксидантов. Синтетические антиоксиданты, несмотря на свою эффективность в ингибировании окисления в продуктах, запрещены во многих странах. Природная альтернатива традиционным синтетическим антиоксидантам с целью применения их в качестве консервантов продуктов животноводства становится более предпочтительна, поскольку до сих пор практически не доказан наносимый вред потребителю от действия природных антиоксидантов в сравнении с синтетическими: природные антиоксиданты достаточно эффективно замедляют окисление липидов.*

**Ключевые слова:** антиоксидантная защита, природные антиоксиданты, синтетические антиоксиданты, сельскохозяйственные животные, птица

**Для цитирования:** Остапчук П.С., Зубоченко Д.В., Куевда Т.А. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):103-117. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117>.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания (AAAA-A16-116022610122-2)

### **The role of antioxidants and their use in animal breeding and poultry farming (review)**

© 2019. Pavel S. Ostapchuk, Denis V. Zubochenko, Tat'yana A. Kuevda

Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea», Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

*The article reviews the role of antioxidants and their use as additives in feed for various types of farm animals and poultry. Incoming antioxidants activate protection. This protection is based on preventing the leakage of free electrons in mitochondria by cleaning intermediate radicals with vitamins, glutathiones, uric acid, bilirubin, ubiquinone, etc. Damaged molecules are restored and removed and the synthesis of new molecules is activated. Feed additives of natural origin are characterized by a high content of antioxidants. The use of these additives can improve the efficiency of animal and poultry farming. Facts about the presence of natural antioxidants in plants are outlined in the review. Phenolic compounds and flavonoids forming the basis of natural antioxidants play a vital role in preventing diseases associated with both oxidative stress, which produces free radicals, and as inhibitors of pathogenic microflora. Organoleptic changes affecting the period of storing occur during the oxidation of livestock products during storage. The presence of antioxidants limits the degree of oxidation of livestock products. Synthetic antioxidants are forbidden in many countries although they are effective in inhibiting oxidation in food. A natural alternative to traditional synthetic antioxidants for the purpose of using them as preservatives for livestock products is becoming more preferable, since until now the harm for the consumer from the action of natural antioxidants in comparison with synthetic ones has not been proved: natural antioxidants effectively slow down lipid oxidation.*

**Key words:** antioxidant protection, natural antioxidants, synthetic antioxidants, farm animals, poultry

**For citation:** Ostapchuk P.S., Zubochenko D.V., Kuevda T.A. The role of antioxidants and their use in animal breeding and poultry farming (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):103-117. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117>.

Антиоксиданты используются в качестве добавок в корм для различных видов сельскохозяйственных животных и птицы. Кормовые антиоксиданты набирают популярность из-за глобального увеличения стоимости корма, а также помогают улучшить резистентность животных к болезням. Мировой рынок кормовых антиоксидантов растет устойчивыми темпами и, по прогнозам, рынок продолжит расти в будущем, так как производители стремятся минимизировать потери кормовых ресурсов как наиболее затратных. Антиоксиданты достаточно эффективны в снижении стоимости корма. Таким образом, движущим фактором возросшего рынка антиоксидантов кормов является глобальное увеличение стоимости кормов. В связи с чем, ведущие мировые производители сосредотачиваются на новых научно-исследовательских разработках получения и использования антиоксидантов в животноводстве и птицеводстве. Растущий спрос на натуральные кормовые антиоксиданты ориентирует ученых на поиск источников высокоэффективных витальных соединений и путей их применения в кормлении животных и птицы, а также в период хранения продуктов животного происхождения.

**Целью** настоящего обзора является анализ литературных источников, в которых описано действие антиоксидантной защиты, влияние антиоксидантов на рост, развитие и формирование продуктивных особенностей сельскохозяйственных животных и птицы, воздействие антиоксидантов на продукты животноводства и птицеводства.

Действие антиоксидантной защиты в организме животных и птицы. В связи с интенсивным развитием птицеводства, которое характеризуется увеличением продуктивности птицы, возрастает восприимчивость организма птицы к негативным факторам внешней среды. На организм птицы воздействует огромное количество факторов, которые зачастую являются стрессорами [1, 2]. Предложена альтернативная классификация основных стрессов, которые встречаются в птицеводстве [3]: средовые стрессы (отклонение от оптимальной температуры, нарушение вентиляции, продолжительное хранение яиц перед инкубацией, транспортировка яиц на большие расстояния, отклонения в режиме инкубации), кормовые стрессы (микотоксины, окисленные жиры, дисбаланс витаминов, минералов и незаменимых аминокислот, низкое качество воды) и внутренние стрессы (незаразные и вирусные

заболевания, вакцинации, дисбактериоз кишечника и энтериты, асциты, наклевы и вывод молодняка).

В период стресса уровень употребления корма снижается, в связи с чем алиментарные вещества, ответственные за борьбу со стрессом, не всегда являются эффективным методом борьбы со свободными радикалами. Свободные радикалы – это активированные молекулы кислорода, которые способны нанести повреждения всем типам биологических молекул. В естественных условиях в каждой клетке ежедневно образуется около 200 миллиардов свободных радикалов. В стрессовых ситуациях свободные радикалы образуются еще быстрее, и антиоксидантная система просто не в состоянии нейтрализовать всех молекул-убийц. [4]. В результате повреждаются мембраны клеток, нарушается метаболизм, что, в свою очередь, приводит к снижению продуктивности птицы и ее воспроизводительных качеств. На первый взгляд, наиболее простой и действенный способ защиты от стрессов – предупреждение их появления, то есть превентивное действие. К сожалению, современные кроссы птицы чрезвычайно чувствительны к условиям внешней среды, и в связи с этим избежать пагубного влияния стрессов весьма сложно, практически невозможно; поэтому базовым элементом в системе защиты организма птицы от стрессов является использование резерва защитных свойств организма, формирование которого возможно при наличии полноценного сбалансированного питания птицы. Решение данной проблемы возможно несколькими путями: дополнительное введение антистрессового премикса с водой и применение сбалансированных, высококачественных премиксов [5].

В борьбе со стресс-факторами антиоксидантный механизм защиты организма включает в себя следующие составляющие: антиоксиданты, которые попадают в организм с кормом (экзогенные витальные вещества) – витамины и минералы; защитные молекулы, которые синтезируются в организме (витальные вещества эндогенного происхождения) – глутатион, коэнзим Q<sub>10</sub>, тиоредоксин и др. Экзогенные витальные вещества улучшают переваримость кормов, стимулируют рост и развитие животных и обладают антимикробным действием [6].

Механизм антиоксидантной защиты организма формировался в процессе филогенеза и в научной литературе описан как «антиокси-

дантная система» [7], включающая в себя эндогенные, экзогенные антиоксиданты и хелатные вещества [8]. В связи с тем, что защитные соединения – антиоксиданты расположены в органеллах клетки, во вне- и внутриклеточном пространстве, защита клеток состоит из нескольких этапов [9].

Первый этап: блокировка формирования свободных радикалов путем удаления предшественников свободных радикалов антиоксидантными ферментами – супероксиддисмутазой (SOD), глутатионпероксидазой (GSH-Px) и связывающими металлы белками. В стрессовых ситуациях происходит высвобождение свободного железа: супероксидный радикал выделяет железо из ферритина, а  $H_2O_2$  деградирует гемоглобин для высвобождения ионов железа [10]. Бесспорно, в данных биохимических реакциях железо играет очень важную роль, однако этот элемент небезопасен в случае недостаточной обработки (хелатирования) его белками. Фактор присутствия первого этапа антиоксидантной защиты является недостаточным, и полного предотвращения образования свободных радикалов не происходит.

Ряд радикалов избегают превентивного, первого, уровня антиоксидантного защитного механизма, поэтому второй этап защиты состоит из витамина Е, каротиноидов, убихинола, аскорбиновой кислоты, витамина А, мочевой кислоты и ряда других антиоксидантов. Эти вещества предотвращают стадию распространения липидов путём перекисного окисления и взаимодействия пероксидного радикала липида (LOO) и токоферола (Тос), в результате чего образуются токофероксильные радикалы и гидропероксиды липидов. Несмотря на то, что витамин Е очень эффективный природный антиоксидант в борьбе со свободными радикалами, и является основным в цепи антиоксидантной защиты второго этапа, гидропероксиды, полученные в реакции витамина Е с пероксильными радикалами, являются токсичными и, если их не удалить, то нарушается структура мембран клеток и их функции. Гидропероксиды липидов также нестабильны и в присутствии ионов переходных металлов вполне могут разлагаться, производя новые свободные радикалы и цитотоксические альдегиды [11]. Именно поэтому гидропероксиды должны быть удалены из клетки таким же образом, как и  $H_2O_2$ , но каталаза неспособна произвести детоксикацию этих соединений, и только Se-зависимая GSH-Px превращает гидропероксиды в неактивные продукты [12].

Поскольку витамин Е выполняет лишь половину работы по предотвращению перекисного окисления липидов путем очистки радикалов и образования гидропероксидов, вторая часть этого важного процесса антиоксидантной защиты связана с тандемом взаимодействия селена и GSH-Px. Доказано, что даже очень высокие дозы витамина Е не могут заменить Se, который необходим для завершения второй части антиоксидантной защиты. Таким образом, селен, как неотъемлемая часть GSH-Px и тиоредоксинредуктазы, принадлежит к первому и второму этапам антиоксидантной защиты [13].

Одним из основных антиоксидантов второго этапа является коэнзим Q10, который синтезируется *in vivo*. В число эффективных антиоксидантов также были включены каротиноиды, демонстрирующие максимальную антиоксидантную активность, и преобладающие в здоровых тканях. Было выдвинуто предположение, что каротиноиды не являются основными антиоксидантами, и, скорее, являются лишь важной частью антиоксидантной системы [14].

Витамин С представляет собой гидрофильный антиоксидант, обладающий высокой активностью по отношению к свободным радикалам [15, 16, 17]. Глутатион (GSH) – является наиболее распространенным типом трипептида в клетках птиц и млекопитающих, считается активным антиоксидантом в биологических системах, обеспечивающих восстановительную среду для клеток [18, 19, 20]. GSH действует как акцептор свободных радикалов [21]. Снижение концентрации GSH в тканях зачастую связано с увеличением уровня липидов при перекисном окислении [22]. Кроме того, в условиях стресса GSH предотвращает потерю тиолов белка и витамина Е [23], и играет важную роль в качестве ключевого модулятора клеточной передачи сигналов [24]. Животные и люди способны самостоятельно синтезировать глутатион.

Уриновая кислота традиционно считается метаболически инертным конечным продуктом метаболизма пурина в человеке, без какой-либо физиологической ценности. Однако это вполне распространенное соединение оказалось антиоксидантом, действующим выборочно [25].

Действие второго этапа антиоксидантной защиты не способно полностью предотвратить образование свободных радикалов в клетках. Третий этап антиоксидантной защиты основан на системах, устраняющих повреж-

денные молекулы и восстанавливающих их. Этот этап включает в себя работу липаз, пептидаз или протеаз и прочих ферментов (репаративные ферменты ДНК, нуклеазы, лигазы, протеиназы, полимеразы, фосфолипазы и трансферазы). Фактически только на третьем этапе антиоксидантной защиты, почти все формы свободных радикалов окисляются метиониновыми остатками белков, которые состоят из смеси R- и S-изомеров метионин сульфоксида [26].

Редуктаза метионин сульфоксида (Msr) трансформирует свободный или связанный с белком метионинсульфоксид назад в метионин [27]. Обнаружено, что метионинсульфоксид-редуктаза млекопитающих B (MsrB) является селенопротеином, который может восстанавливать R-форму как свободного, так и включенного в белок метионин сульфоксида до метионина. Происходит восстановление поврежденных метионином белков в условиях окислительного стресса [28]. Предполагается, что Msr выполняет следующие важные функции в клеточном метаболизме: является компонентом антиоксидантной защиты и вырабатывает фермент восстановления.

Весь комплекс антиоксидантов действует в организме в ассоциации друг с другом, образуя интегрированную антиоксидантную систему.

Таким образом, резюмируя имеющийся мировой опыт, ученые выдвигают концепцию антиоксидантной защиты клеток, суть которой состоит в том, что защита, которую активируют поступающие антиоксиданты, основана на предотвращении утечки свободных электронов в митохондриях клеток путем очистки исходных радикалов за счет индицирования их различными транскрипционными факторами, связанными с синтезом альтернативной оксидазы, включая супероксиддисмутазу, глутатионпероксидазу, каталазы, глутатионредуктазы, глутатионтрансферазы и т. д. На заключительном этапе идет связывание ионов металлов белками и превращение их в нерадикальный (нетоксичный) продукт. Происходит очистка промежуточных радикалов, пероксильными радикалами (витамины, глутатионы, мочевиная кислота, билирубин, убихинол и т. д.), восстанавливаются и удаляются фатально поврежденные молекулы, активизируется синтез защитных молекул [29, 30, 31, 32, 33, 34].

**Антиоксиданты в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы.** Поскольку затраты на корм являются наиболее

важной долей в структуре затрат животноводства и птицеводства, актуальным вопросом остается проблема обеспечения полноценности качественных характеристик рациона. Применение антиоксидантов позволяет улучшить сохранность корма и оптимизировать обмен веществ организма животных и птицы. Биологически активные соединения, к которым относятся антиоксиданты, подразделяются на две основные группы: биологические (природные) и синтетические. Примерами синтетических антиоксидантов являются: дилудин, ионол, фенозан, сантохин, феноксан и прочие. К природным относят некоторые витамины, коферменты, микроэлементы и т. д. [35, 36].

Синтетические антиоксиданты обычно применяются с целью угнетения роста микробов, тем самым продлевая срок годности мяса в период хранения. Однако при неправильном применении синтетических веществ, даже при небольшой передозировке, в продуктах отмечается токсикологический эффект [37].

Исследованиями ряда авторов [38, 39] отмечено, что среди нескольких изученных консервантов обработка эвгенолом показала более высокую катионную активность радикалов, что доказало узкую направленность действия синтетических антиоксидантов.

Поиск, характеристика и применение природных антиоксидантов остаются в центре внимания многочисленных исследовательских групп по всему миру. Природные антиоксиданты являются сегодня одной из самых популярных тем в области продовольствия и сельского хозяйства [39, 40]. По одной из теорий полагают, что антиоксидантные свойства растений выработаны в ходе эволюции – на основе фотосинтетической деятельности. Следовательно, каждый вид, подвид, сорт растений могут быть объектом для оценки антиоксидантного потенциала. С другой стороны, основные пути биохимического синтеза являются общими для многих видов растений; поэтому основные антиоксидантно-активные структуры, выявленные в различных растительных веществах, часто бывают похожи и включают в себя простые фенольные соединения, фенольные кислоты, флавоноиды, кумарины, лактоны, терпеноиды и их производные, а также другие классы фитохимических веществ. Учитывая многие возможности замен и межмолекулярного связывания (этерификация, гликозидирование), а также усовершенствования аналитических методов, количество идентифицированных природных антиоксидантов

быстро увеличивается. Например, было идентифицировано более 4000 видов флавоноидов, которые являются хорошо известными природными антиоксидантами, многие из которых отвечают за привлекательное окрашивание цветов, плодов и листьев [39]. Идеальный антиоксидант должен легко усваиваться организмом и предотвращать образование свободных радикалов на физиологически значимых уровнях [41]. Сообщается о противомикробных свойствах экстрактов растений, содержащих полифенолы [42].

Более половины населения США использует пищевые добавки, стоимость которых составляет более 7 миллиардов долларов в год непосредственно в Америке [43], и превышает 30 миллиардов долларов по всему миру [44]. Во многих странах производитель пищевых добавок несет ответственность за факт безопасности добавки. Сертификацию после клинических исследований в обязательном порядке должны пройти лишь лекарственные средства [45], пищевые добавки подвергаются независимому анализу, и, если польза для здоровья перевешивает риски, препарат будет одобрен к продаже. Однако неправильное использование пищевых синтетических добавок может привести к так называемому «антиоксидантному стрессу». Этот термин был впервые использован Y. Dundar, R. Aslan [46] для описания негативных эффектов, возникающих после применения антиоксидантов; также этот вопрос обсуждается и в недавней публикации V. Poljsak, I. Milisav [47].

Как «антиоксидантные», так и окислительные стрессы, приводящие к антиоксидантному дисбалансу, могут нанести вред организму и привести к преждевременному старению клеток и образованию опухолей [48]. Растет число клинических испытаний, в которых люди получали один или несколько синтетических антиоксидантов. В результате возникает серьезный дисбаланс антиоксидантной защиты организма, провоцирующий возникновение «антиоксидантного стресса». Результаты клинических испытаний по потреблению экзогенных синтетических антиоксидантов достаточно противоречивы. В некоторых исследованиях [49] сообщается, что пищевые антиоксиданты искусственного происхождения не влияют на продолжительность жизни, иные авторы [50, 51, 52] утверждают, что антиоксидантная терапия с использованием синтетических антиоксидантов не имела эффекта и даже могла увеличить смертность.

Многие авторы едины в мнении о том, что излишнее введение искусственных антиоксидантных препаратов несмотря на то, что снижает уровень свободных радикалов, вместе с тем угнетает иммунную систему. Следствием такого угнетения является подавление защитного механизма от патогенной микрофлоры и системы удаления поврежденных клеток, в том числе предраковых и раковых [53]. При приеме большого количества химических антиоксидантов с питательными веществами они также могут действовать как прооксиданты, усиливая окислительный стресс [54, 55].

Снижение компенсации окислительного стресса и недостаточное восстановление ускоряют старение клеток. Для предотвращения всех окислительных повреждений в клетках необходим повышенный расход энергии [56, 57]. A. Kowald, T.B.L. Kirkwood предположили, что «виртуальное бессмертие» может быть достигнуто, если 55% всей энергии будет направлено на восстановление и/или предотвращение образования свободных радикалов [58, 59].

Мутации, повышающие общую приспособленность за счет увеличения репродуктивной мощности организма, обычно имеют ряд вторичных и, как правило, отрицательных эффектов и, накапливаясь, приводят к возрастному ухудшению состояния организма. Эти идеи породили концепцию одноразовой сомы, которая, вероятно, является наиболее логически последовательной и эмпирически обоснованной теорией, объясняющей феномен старения с эволюционной точки зрения [60]. V. Halliwell предположил, что стимуляция выработки эндогенных антиоксидантов прооксидантами является эффективнее потребления дополнительных синтетических антиоксидантов [61]. Многие, хорошо зарекомендовавшие себя компоненты здорового образа жизни, являются естественными прооксидантами [62].

Полезные свойства растительных экстрактов, входящих в состав кормовых добавок в животноводстве и птицеводстве, в последнее время используются все чаще и чаще. Растительные продукты содержат активные вещества в различных количествах, у разных видов растений их активность варьируется в значительной степени в зависимости от сроков сбора, технологий сушки и экстракции [63].

Сообщается о положительном воздействии лекарственных растений, содержащих карвакрол, употребление которых стимулирует потребление корма, регулирует моторику и секрецию желудочно-кишечного тракта,

улучшает процессы пищеварения и последующего увеличения веса у цыплят-бройлеров [64]. Другие исследователи заявляют о весьма спорном эффекте введения подобных растительных экстрактов, поскольку результат зависит от количества, источника и периода введения [65].

На данный момент изучение действия природных антиоксидантов (фитобиотиков) продолжается. Известно, что витальные свойства антиоксидантов растительного происхождения связаны с их фенольным содержанием так же, как и у синтетических фенольных антиоксидантов [66, 67]. К примеру, употребление зеленого чая, в состав которого входят флавоноиды, ингибирующие окислительные ферменты, значительно уменьшает риск возникновения ряда хронических заболеваний [68, 69, 70]. Фенольные соединения, которые были обнаружены в виноградных косточках и кожуре [71, 72, 73, 74], гвоздичном масле [75], в орехах каштана японского [76], корице [77], кожуре томата [78] и семенах граната [79], оказывали подавляющее действие на развитие патогенной микрофлоры в кишечнике цыплят-бройлеров [80] и уменьшали количество ооцист в фекалиях [81].

Также был отмечен положительный эффект применения смеси эфирных масел орегано, лаврового листа, листьев шалфея, листьев мирта, семян фенхеля в количестве до 24 мг на 1 кг корма в качестве пищевой добавки на производстве яиц кур-несушек и перепелов [82, 83].

**Влияние действия антиоксидантов на продукты животноводства и птицеводства.** Основной причиной химической порчи готовой продукции животноводства и птицеводства является окисление липидов [84]. Срок хранения мяса и мясопродуктов может быть продлен за счет наличия антиоксидантов, поступающих из разных растительных источников. Было установлено, что ежедневное употребление мяса с пониженным уровнем липидного окисления оказывало влияние на снижение вероятности возникновения хронических заболеваний у человека [85].

Был проведен ряд опытов, доказывающих влияние действия кормления антиоксидантами на качество продуктов животноводства в период их хранения и реализации. Установлено влияние экзогенных антиоксидантов в рационе животных в качестве защитного барьера в мышцах, направленного против окисления липидов в послеубойный период [86]. Степень окисления липидов вызывает внеш-

ние изменения мяса и снижение питательной ценности [87], палевость, развитие посторонних неприятных запахов и нарушение текстуры мышечной ткани [88], а потребление синтетического витамина Е в период откорма животных улучшает качественные показатели мяса [89, 90]. Было высказано предположение на предмет качественного влияния антиоксидантов на послеубойное хранение мяса и продуктов из него, что все антиоксидантные пищевые добавки, поступающие с кормом в организм животных, эффективно распределяются в тканях и депонируются в мышцах [91]. Одним из наиболее ценных компонентов ствольных клеток растений является вербаскозид, он усиливает антиоксидантную защиту организма животных и птиц в целом и, соответственно, мясо, полученное от данных животных, и продукты его переработки обладают положительными характеристиками качественных показателей [92]. Кормовые добавки с экстрактом, содержащим вербаскозид, улучшили окислительный статус плазмы у свиней [93] и овец [94].

При добавлении в рацион животных натурального экстракта, титрованного в фенолпропаноидных гликозидах, наблюдалось увеличение содержания витаминов А и Е в сыворотке крови, была отмечена положительная корреляция на внешние характеристики мяса и окислительную стабильность как охлажденного, так и замороженного мяса: снизилось липидное окисление в мышцах бедер и большой грудной мышце кур, хранящихся при охлаждении до 4° С и при замораживании до -18°С [95, 96].

Однако невозможно предотвратить нежелательные процессы окисления продуктов животноводства лишь кормлением и содержанием животных и птицы, соответствующими всем нормам зоотехнических и ветеринарных требований. Эту проблему следует решать в более широком аспекте. Окисление в продуктах животноводства – это процесс, в котором электроны удаляются из атома или группы атомов. Некоторые реакции окисления полезны в пищевых продуктах (созревание), в то время как другие приводят к неблагоприятным последствиям, таким как деградация витаминов, пигментов и липидов. Результат – развитие неприятных запахов, потеря цвета, гниение [97].

Мясо и пищевые продукты, содержащие жир с ненасыщенными жирными кислотами, подвергаются ухудшению при хранении за счет автоокисления жирных кислот [98]. Липиды, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты и их сложные эфиры, легко

окисляются под воздействием молекулярного кислорода. Реакция липидов с молекулярным кислородом называется автоокислением. Автоокисление в мясе происходит по принципу образования свободных радикалов под воздействием света и температуры с образованием гидропероксида. Жирные кислоты выделяются в сырое молоко путем гидролиза и могут быть причиной образования нежелательного прогорклого вкуса. Органолептическая оценка пищевых продуктов, таким образом, является решающим тестом на предмет наличия степени окисления продукта [99].

Исследуя степень порчи продуктов животноводства, термин «антиоксидант» использовался как определение для всех веществ, ингибирующих окисление независимо от его механизма действия. К примеру, аскорбиновая кислота, которая обычно используется для предотвращения ферментативного потемнения на срезах фруктов и овощей считается антиоксидантом. В данном случае, аскорбиновая кислота действует как восстановитель путем переноса атомов водорода обратно в хиноны, образующиеся в результате ферментативного окисления. Пищевые антиоксиданты в последнее время используются для описания соединений, которые прерывают свободнорадикальную цепную реакцию, участвующую в окислении липидов. В таблице приведён анализ используемых с этой целью антиоксидантов в пищевой промышленности, добавляемых в продукты животноводства с целью ингибирования автоокисления.

Безопасность продуктов животноводства является важным требованием как со стороны потребителя, так и со стороны производителей сырья [106]. При добавлении антиоксидантов, которые снижают скорость окисления и гидролиза липидов путем стабилизации свободных радикалов, срок годности продуктов увеличивается [107]. Следует обратить внимание, что синтетические антиоксиданты, такие как бутилированный гидроксианизол (2-трет-бутил-4-гидроксианизол и 3-трет-бутил-4-гидроксианизол или пищевая добавка E-320), бутилированный гидрокситолуол (ВНТ или пищевая добавка E-321), третичный бутилгидрохинон (2-(1,1-диметил)-этил-1,4-бенздиол или пищевая добавка E-319) и пропилгаллат (1-пропил-3,4,5-тригидроксибензоат), несмотря на свою эффективность в ингибировании окисления, запрещены во многих странах, поскольку использование их приводит к отрицательному воздействию на здоровье человека [108, 109, 110].

Важно также учитывать тот факт, что микроорганизмы, находящиеся в окружающей среде животноводческих комплексов, как правило, устойчивы к традиционным антибиотикам и являются носителями патогенных генов, в связи с чем дозы лекарственных препаратов приходится увеличивать, а иммунитет животных и человека, как следствие, снижается: у животных – от применения таких препаратов, а у людей – от употребления продуктов животноводства, обогащенных сильнодействующими антибиотиками и лекарственными средствами. Исходя из этого, рекомендуются следующие основные принципы получения безопасной продукции животноводства: обеспечение экологической чистоты окружающей среды, соблюдение санитарно-гигиенических и технологических режимов производства с учетом биологических, химических и физических рисков, исключая бессистемное использование дезинфицирующих средств, антибиотиков и стабилизаторов роста микрофлоры и, наконец, нормализация симбиотической микрофлоры кишечника использованием функциональных продуктов на основе пре- и пробиотиков [111].

Анализируя данные многочисленных исследований, S.A. Salami с соавторами [112] предлагают классифицировать антиоксиданты на три группы по действию их на продукты животноводства. Первая – антиоксиданты, предназначенные для улучшения внешних характеристик. Вторая группа антиоксидантов предназначена для улучшения питательных показателей продуктов животного происхождения (усилители вкуса). Третья группа – антиоксиданты, используемые для продления срока годности продуктов животноводства. Однако авторы делают общий вывод, что до сих пор нет единого мнения об эффективности применения антиоксидантов, имеющих природное или искусственное происхождение, в качестве консервантов. В этом случае следует объединить дальнейшие усилия ученых и инвесторов, заинтересованных в изучении действия антиоксидантов на продукты животного происхождения.

Таким образом, с целью снижения уровня окисления липидов в продукции животноводства и птицеводства применяются также антиоксиданты, выполняющие функцию консервантов. Реакции окисления в пищевых продуктах подразделяются на полезные (созревание) и неблагоприятные (деградация витаминов, пигментов, липидов и т.д.).

Таблица / Table

**Коммерческое использование антиоксидантов для увеличения срока хранения липидсодержащих продуктов животноводства /  
Commercial use of antioxidants for increasing the storage time of lipid-containing animal products**

<i>Антиоксидант / Antioxidant</i>	<i>Функция антиоксиданта / Antioxidant function</i>	<i>Продукты питания, в которые добавляют антиоксидант / Food with antioxidant added</i>	<i>Ссылка на источник / Source link</i>
<b>Синтетические антиоксиданты / Synthetic antioxidants</b>			
Бутилгидрокситолуол (E-321) / Butylhydroxytoluene (E-321)		Жевательная резинка, картофельные чипсы, комбиджир, сухие хлопья для завтрака, мясо, животный жир / Chewing gum, potato chips, combined fat, dry breakfast cereal, meat, animal fat	[100]
Бутилгидроксианизол (E-320) / Butylhydroxyanisole (E-320)		Газированные напитки, мороженое, конфеты, хлебобулочные изделия, желе, десерты, картофельные чипсы, сухие завтраки, сухие дрожжи, сухие смеси для приготовления десертов, сало, колбаса, рыбные консервы, какао, вермишель быстрого приготовления, бульонные кубики / Carbonated drinks, ice cream, sweets, bakery products, jelly, desserts, potato chips, breakfast cereals, dry yeast, dry mixes for making desserts, lard, sausage, canned fish, cocoa, quick-cooking noodle, bouillon cubes	[101]
Третичный бутилгидрохинон (E-319) / Tertiary butylhydroquinone (E-319)	Блокатор свободных радикалов / Free radical blocker	Жиры, масло, картофельные чипсы, картофельное пюре, майонез / Fats, butter, potato chips, mashed potatoes, mayonnaise	[102]
Пропилгаллат (E-310) / Propyl gallate (E-310)		Мясо, фрукты / Meat, fruit	[103]
Аскорбилпальмитат (E-304) / Ascorbyl palmitate (E-304)		Мясо, фрукты / Meat, fruit	[101]
Тиопропионовая кислота (E-280) / Thiopropionic acid (E-280)	Редукент надкислот / Peracid decomposer	Мясо, фрукты / Meat, fruit	[101]
<b>Натуральные антиоксиданты / Natural antioxidants</b>			
Экстракт розмарина / Rosemary extract	Блокатор свободных радикалов / Free radical blocker	Мясо, жареная еда, яичный порошок, мясо индейки механической обвалки / Meat, fried food, egg powder, mechanically deboned turkey meat	[101-104]
Аскорбиновая кислота / Vitamin C	Редукент надкислот / Peracid decomposer	Нарезанные персики, замороженная рыба, соусы, сухое молоко, пивной Эль, ароматизированные масла, яблочные слабоалкогольные напитки, молоко, конфеты, искусственно подслащенные желе и консервы, консервированные грибы, мясо индейки механической обвалки / Sliced peaches, frozen fish, sauces, powdered milk, beer Ale, flavored oils, low-alcohol apple drinks, milk, sweets, artificially sweetened jelly and canned food, canned mushrooms, mechanically deboned turkey meat	[100, 102]
Экстракт шалфея / Salvia extract		Картофельные чипсы / Potato chips	[101]
Гваякум ( <i>Guaiacum</i> L.) / <i>Guaiacum</i> ( <i>Guaiacum</i> L.)	Блокатор свободных радикалов / Free radical blocker	Масло, животный жир / Oil, animal fat	[101, 102]
Кониферилловый спирт / Coniferyl alcohol		Общее использование в пищевой промышленности / General use in the food industry	[101, 102, 105]
Токоферолы / Tocopherols		Топленые животные жиры, масла, яйца, мясо индейки механической обвалки / Rendered animal fats, oils, eggs, mechanically deboned turkey meat	[101, 103, 105]

В результате неблагоприятного действия окисления происходит накопление отрицательных органолептических факторов – неприятных запахов, потери цвета и гниение. Широкое использование синтетических консервантов, которые являются по своей сути антиоксидантами и применяются с целью хранения продуктов животноводства и птицеводства, не всегда является благоприятным фактором для человека как потребителя продуктов. Поскольку безопасность продуктов животноводства является важным требованием, синтетические антиоксиданты, применяемые в консервации продуктов животноводства, несмотря на свою эффективность в ингибировании окисления, запрещены во многих странах, поэтому выбор антиоксидантов природного происхождения является актуальным и малоизученным.

**Выводы.** Выдвигается концепция защиты клеток животных и птицы антиоксидантами, основанная на предотвращении утечки свободных электронов в митохондриях клеток. В ходе антиоксидантной защиты удаляются промежуточные радикалы и поврежденные молекулы, а в клетках активизируется синтез защитных молекул.

Кормовые добавки из растений с их высоким содержанием антиоксидантов позволя-

ют повысить эффективность выращивания животных и птицы без ущерба качеству продукции. Ряд растений являются богатым источником природных антиоксидантов, в составе которых фенольные соединения и флавоноиды играют жизненно важную роль в предотвращении заболеваний, связанных как с окислительным стрессом, при котором образуются свободные радикалы, так и в качестве ингибиторов патогенной микрофлоры. Кроме того, применение природных антиоксидантов позволит снизить химическую нагрузку на организм животных и птицы, что является важным фактором получения экологически безопасных продуктов животноводства.

В ходе окисления продуктов животноводства происходят органолептические изменения, влияющие на сроки хранения. Степень окисления может быть ограничена за счет использования антиоксидантов как в период кормления животных, так и в период хранения полученной продукции животноводства. Природная альтернатива традиционным синтетическим антиоксидантам более предпочтительна, поскольку до сих пор практически не доказан наносимый вред потребителю от действия природных антиоксидантов в сравнении с синтетическими: природные антиоксиданты достаточно эффективно замедляют окисление липидов.

### References

1. Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2015;50(4):431-443. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.4.431rus.
1. Fisinin V.I., Kavtarashvili A.Sh. *Teplovoy stress u ptitsy. Soobshchenie II. Metody i sposoby profilaktiki i smygcheniya (obzor)*. [Heat stress in poultry. II. Methods and techniques for prevention and alleviation (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2015;50(4):431-443. (In Russ.). DOI: 10.15389/agrobiology.2015.4.431rus.
2. Mailyan E.S. Stress in poultry: focus on turkeys causes, mechanism, consequences, diagnostics and prevention. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*. 2016;3(6):194-196. DOI: 10.15406/jdvar.2016.03.00098.
3. Сурай П., Фисинин В. Современные методы борьбы со стрессами в птицеводстве: от антиоксидантов к витагенам // *Сельскохозяйственная биология*. 2012;(4):3-13. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/articles/4-2012surai.pdf>.
3. Suray P., Fisinin V. *Sovremennye metody bor'by so stressami v ptitsevodstve: ot antioksidantov k vitagenam*. [The modern anti-stress technologies in poultry farming: from antioxidants to vitagenes]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2012;(4):3-13. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/articles/4-2012surai.pdf>.
4. Halliwell B. Free Radicals in Biology and Medicine. J.M.C. Gutteridge (Eds.). 5th Edition. Oxford University Press, 2015. 961 p. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001.
5. Фисинин В. Инновационные методы борьбы со стрессом в птицеводстве. *Птицеводство*. 2009;(8):10-14. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_17089303\\_16568124.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_17089303_16568124.pdf)
5. Fisinin V. *Innovatsionnye metody bor'by so stressom v ptitsevodstve*. [Innovative anti-stress methods in poultry farming]. *Ptitsevodstvo*. 2009;(8):10-14. (In Russ.). URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_17089303\\_16568124.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_17089303_16568124.pdf).
6. Багно О.А., Прохоров О.Н., Шевченко С.А., Шевченко А.И., Дядичкина Т.В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018;53(4):687-697. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.4.687rus.

Bagno O.A., Prokhorov O.N., Shevchenko S.A., Shevchenko A.I., Dyadichkina T.V. *Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh (obzor)*. [Use of phytobiotics in farm animal feeding (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;53(4):687-697. (In Russ.). DOI: 10.15389/agrobiology.2018.4.687rus.

7. Surai P.F. *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction* Nottingham: Nottingham University Press, 2002. 974 p. ISBN 1-897676-95-6.

8. Halliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts. *FASEB J*. 1987. No. 1. P. 358-364. DOI: 10.1111/j.1600-0404.1989.tb01779.x.

9. Diplock A.T. Antioxidants and disease prevention. In: Baum, H (ed.), *Molecular Aspects of Medicine*. Vol. 15. Oxford, New York: Pergamon Press, 1994. P. 295-376. URL: [https://doi.org/10.1016/0098-2997\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0098-2997(94)90005-1).

10. Brigelius-Flohe R. Tissue-specific functions of individual glutathione peroxidases. *Free Radic. Biol. Med*. 1999;(27):951-965. <https://www.pubfacts.com/detail/10569628/Tissue-specific-functions-of-individual-glutathione-peroxidases>.

11. Surai P., Fisinin V.I. Chapter 17 Ill Health Effects of Food Lipids: Consequences of Inadequate Food Processing, Storage and Cooking. F. De Meester et al. (eds.), *Modern Dietary Fat Intakes in Disease Promotion, 251 Nutrition and Health*, Springer Science+Business Media, LLC 2010. P. 251-274. DOI: 10.1007/978-1-60327-571-2\_17.

12. Yu B.P. Cellular defences against damage from reactive oxygen species. *Physiol. Rev*. 1994;(74):139-162.

13. Halliwell B. Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant in vivo? *Free Radic. Res*. 1996;(25):439-454. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0375-3>.

14. Carr A., Frei B. Does vitamin C acts as a pro-oxidant under physiological conditions? *FASEB J*. 1999;(13):1007-1024. DOI: 10.1096 / fasebj.13.9.1007.

15. Meister A., Anderson M.E. Glutathione. *Annu. Rev. Biochem*. 1983;(52):711-760. DOI: 10.1146 / annurev.bi.52.070183.003431

16. Sen C.K. Packer L. Thiol homeostasis and supplements in physical exercise. *Am. J. Clin. Nutr*. 2000;(72 (suppl.)):553-669. PMID: 10919972.

17. Forman HJ, Zhang H, Rinna A. Glutathione: overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. *Mol Aspects Med* 2009;(30):1-12. DOI: 10.1016 / j.mam.2008.08.006.

18. Bains J.S., Forman H. J., Zhang H., Rinna A. Neurodegenerative disorders in human: the role of glutathione in oxidative stress-mediated neuronal death. *Brain Res. Rev*. 1997;(25):335-358. PMID: 9495562.

19. Thompson K.H., Godin D. V., Lee M. Tissue antioxidant status in streptozotocin-induced diabetes in rats. Effects of dietary manganese deficiency. *Biol. Trace Elem. Res*. 1992;(35):213-224. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02783767>.

20. Palamanda J.R., Kehrer J.P. Involvement of vitamin E and protein thiols in the inhibition of microsomal lipid peroxidation by glutathione. *Lipids*. 1993;(278):427-431. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02535941>.

21. Elliott S.J., Koliwad S.K. Redox control of ion channel activity in vascular endothelial cells by glutathione. *Microcirculation*. 1997;(4):341-347. DOI: 10.3109 / 10739689709146798.

22. Becker B.F. Towards the physiological function of uric acid. *Free Radic. Biol. Med*. 1993;(14):615 - 631. PMID: 8325534.

23. Stadtman E.R. Moskovitz J., Berlett B.S., Levine R.L. Cyclic oxidation and reduction of protein methionine residues is an important antioxidant mechanism. *Mol. Cell Biochem*. 2002;3(9):234-235. PMID: 12162447.

24. Levine R.L., Mosoni L., Berlett B.S., Stadtman E.R. Methionine residues as endogenous antioxidants in proteins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1996;(93):15036-15040. DOI: 10.1073 / pnas.93.26.15036

25. Bar-Noy S., Moskovitz J. Mouse methionine sulfoxide reductase B: effect of selenocysteine incorporation on its activity and expression of the seleno-containing enzyme in bacterial and mammalian cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 2002;297(4):956-961. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(02\)02314-8](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(02)02314-8).

26. Surai P.F. *Antioxidant Action of Carnitine: Molecular Mechanisms and Practical Applications*. *EC Veterinary Science*. 2015;(2):66-84. URL: [https://www.researchgate.net/publication/281279882\\_Antioxidant\\_Action\\_of\\_Carnitine\\_Molecular\\_Mechanisms\\_and\\_Practical\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/281279882_Antioxidant_Action_of_Carnitine_Molecular_Mechanisms_and_Practical_Applications).

27. Surai P.F. Antioxidant systems in poultry biology: Heat Shock Protein. *Journal of Sciences*. 2015;(5):1188-1222. DOI: 10.21767/2572-5459.100008.

28. Surai P.F. Silymarin as a Natural Antioxidant: An Overview of the Current Evidence and Perspectives. *Antioxidants*. 2015;(4): 204-247. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox4010204>.

29. Shatskih E., Latipova E., Fisinin V., Denev S., Surai P. Molecular mechanisms and new strategies to fight stresses in egg-producing birds. *Agricultural Science and Technology*. 2015;7(1):3-10. License: CC BY-NC-ND 4.0.

30. Surai P., Fisinin V.I. Antioxidant-Prooxidant Balance in the Intestine: Applications in Chick Placement and Pig Weaning. *J Veter Sci Med*. 2015;3(1):16. DOI: 10.13188/2325-4645.1000011.

31. Surai P.F. Antioxidant Systems in Poultry Biology: Superoxide Dismutase. *Journal of Animal Research and Nutrition*. 2016;1(1):1-17. DOI: 10.21767 / 2572-5459.100008.

32. Benzie I.F.F. Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology A: Molecular and Integrative Physiology*. 2003;136(1):113-126. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(02\)00368-9](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(02)00368-9).
33. Bjelakovic G., Nikolova D, Simonetti R.G., Gluud C. Systematic review: primary and secondary prevention of gastrointestinal cancers with antioxidant supplements. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2008;28(6): 689-703. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)17138-9.
34. Carocho M., Ferreira I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*. 2013;51(1):15-25. DOI: 10.1016/j.fct.2012.09.021.
35. Kahl R. Synthetic antioxidants: biochemical actions and interference with radiation, toxic compounds, chemical mutagens and chemical carcinogens. *Toxicology*. 1984;33(3-4):185-228. DOI: 10.12691/jfnr-4-6-6.
36. Zhang H., Wu J., Guo X. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Science and Human Wellness*. 2016;(5):39-48. DOI: 10.1016/j.fshw.2015.11.003.
37. Khare A.K., Biswas A.K.; Sahoo J. Comparison study of chitosan, EDTA, eugenol and peppermint oil for antioxidant and antimicrobial potentials in chicken noodles and their effect on colour and oxidative stability at ambient temperature storage. *LWT- Food Science and Technology*. 2014;55(1):286-293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.024>.
38. Augustiniak A., Bartosz G., Cipak A., Dubus G., Horáková L., Łuczaj W., Májeková M., Odysseos A., Racková L., Skrzydlewska E., Stefek M., Strosová M., Tirzitis G., Venskutonis R., Viskupicova J., Vranka P. V., Zarkovic N. Natural and synthetic antioxidants: An updated overview. *Free Radical Research* 2010;(44(10)):1216-1262. DOI: 10.3109/10715762.2010.508495.
39. Nijveldt RJ, van Nood E, van Hoorn DEC, Boelens PG, van Norren K, van Leeuwen PAM. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am J Clin Nutr* 2001;(74):418-425. DOI: 10.1093/ajcn/74.4.418.
40. Паштетский В.С., Невкрытая Н.В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор). *Таврический вестник аграрной науки*. 2018;(1(13)):16-38. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.02.
- Pashtetskiy V.S., Nevkrytaya N.V. *Ispol'zovanie efirnykh masel v meditsine, aromaterapii, veterinarii i rastenievodstve (obzor)*. [The use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary medicine and crop production (review)]. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 2018;(1(13)):16-38. (In Russ.). DOI: 10.25637/TVAN2018.01.02.
41. Rahman K. Studies on free radicals, antioxidants, and cofactors. *Clinical Interventions in Aging*. 2007;2(2):219-236. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.46083>.
42. Moyo B., Oyedemi S., Masika P.J., Muchenje V. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. *Meat Science*. 2012;(91):441-447. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.029.
43. Glaser V. Billion-dollar market blossoms as botanicals take root // *Nature Biotechnology*. 1999;17(1):17-18. PMID: 9920256. DOI: 10.1038 / 5186.
44. Raskin I., Ribnicky D.M., Komarnytsky S., Nebojša I., Poulev A., Borisjuk N., Brinker. A., Moreno D.A., Ripoll Ch., Yakoby N., O'Neal J., Cornwell T., Pastor I., Fridlender B. Plants and human health in the twenty-first century. *Trends in Biotechnology*. 2002;20(12):522-531. DOI: 10.1016/S0167-7799(02)02080-2.
45. Poljsak B., Šput D., Milisav I. Achieving the Balance between ROS and Antioxidants: When to Use the Synthetic Antioxidants. Review Article. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2013;11(1): DOI: 10.1155/2013/956792.
46. Dündar Y., Aslan R. Antioxidative stress. *Eastern Journal of Medicine*. 2000;5(2):45-47. URL: [http://www.journalagent.com/ejm/pdfs/EJM\\_5\\_2\\_45\\_47.pdf](http://www.journalagent.com/ejm/pdfs/EJM_5_2_45_47.pdf).
47. Poljsak B., Milisav I. The neglected significance of 'Antioxidative Stress'. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2012;2012:12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/480895>.
48. Halliwell B. Oxidative stress and cancer: have we moved forward? *Biochemical Journal*. 2007;401(1):1-11. DOI: 10.1042/BJ20061131.
49. Omenn G.S., Goodman G.E., Thornquist M.D., Balmes J., Cullen M.R., Glass A., Keogh J.P., Meyskens F.L., Valanis B., Williams J.H., Barnhart S., Hammar S. Effects of a combination of beta carotene and vitamin A on lung cancer and cardiovascular disease. *The New England Journal of Medicine*. 1996; 334(18):1150-1155. PMID: 8602180.
50. Bjelakovic G., Nikolova D., Simonetti R.G., Gluud C. Antioxidant supplements for prevention of gastrointestinal cancers: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 2004;364(9441):1219-1228. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)17138-9.
51. Miller E.R., Pastor-Barriuso R., Dalal D., Riemersma R.A., Appel L.J., Guallar E. Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. *Annals of Internal Medicine*. 2005;142(1):37-46. DOI: 10.1016/j.accreview.2005.04.017.

52. Ristow M., Zarse K., Oberbachetal A. Antioxidants prevent health Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases.- Promoting effects of physical exercise in humans. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States. 2009;106:8665-8670. DOI:10.1073/pnas.0903485106
53. Salganik R.I. The benefits and hazards of antioxidants: controlling apoptosis and other protective mechanisms in cancer patients and the human population. J Am Coll Nutr. 2001. Oct; 20 (5 Suppl.): 464S-472S; discussion 473S-475S. URL: <https://www.pubfacts.com/detail/11603657/The-benefits-and-hazards-of-antioxidants-controlling-apoptosis-and-other-protective-mechanisms-in-ca>.
54. Podmore I.D., Griffiths H.R., Herbert K.E., Mistry N., Mistry P., Lunec J. Vitamin C exhibits prooxidant properties. Nature. 1998;392(6676): 559. URL: [https://pdfs.nutramedix.ec/Vitamin%20C%20-%20Anioxidant%20\(Pro-oxi\).pdf](https://pdfs.nutramedix.ec/Vitamin%20C%20-%20Anioxidant%20(Pro-oxi).pdf).
55. Palozza P. Pro-oxidant actions of carotenoids in biologic systems. Nutrition Reviews. 1998;56(9):257-265. PMID: 9763875.
56. Davies K.J. Oxidative stress: the paradox of aerobic life // Biochemical Society Symposium 1995;61:1-31. DOI: 10.1042 / bss0610001.
57. Blatt T., Wenck H., Wittern K.P. Alterations of energy metabolism in cutaneous aging. In Textbook of Aging Skin, M. A.Farage, K.W.Miller, and H.I.Maibach, Eds., Springer, Berlin, Germany, 2010. DOI: 10.1007/978-3-540-89656-2\_29.
58. Kowald A., Kirkwood T.B.L. Towards a network theory of ageing: a model combining the free radical theory and the protein error theory. Journal of Theoretical Biology. 1994;168(1):75-94. PMID: 8022192.
59. Kowald A., Kirkwood T.B.L. A network theory of a ageing: the interactions of defective mitochondria, aberrant proteins, free radicals and scavengers in the ageing process. Mutation Research. 1996; 316(5-6):209-236. PMID: 8022192.
60. Kirkwood T.B.L. Evolution of ageing. Nature. 1977;270(5635):301-304. DOI: <https://doi.org/10.1038/270301a0>.
61. Halliwell B. Free radicals and antioxidants - quo vadis? Trends in Pharmacological Sciences. 2011;32(3):125-130. PMID: 21216018 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tips.2010.12.002>.
62. Williamsand K.J., Fisher E.A. Oxidation, lipoproteins and atherosclerosis: which is wrong, the antioxidants or the theory? Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care. 2005;8(2):139-146. PMID: 15716791.
63. Marzoni M., Chiarini R., Castillo A., Romboli I, De Marco M. Effects of dietary natural antioxidant supplementation on broiler chicken and Muscovy duck meat quality. Achille Schiavone Animal Science. Papers and Reports. 2014;32(4):359-368.
64. Khaligh F., Sadeghi G., Karimi A., Vaziry A. Evaluation of different medicinal plants blends in diets for broiler chickens. Journal of Medicinal Plants Research. 2011;(5):1971-1977. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228472273\\_Evaluation\\_of\\_different\\_medicinal\\_plants\\_blends\\_in\\_diets\\_for\\_broiler\\_chickens](https://www.researchgate.net/publication/228472273_Evaluation_of_different_medicinal_plants_blends_in_diets_for_broiler_chickens).
65. Hernandez F., Madrid J., Garcia V., Orengo J., Megias M. D. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. Poultry Science. 2004;(83):169-174. PMID: 14979566.
66. Chammem N., Saoudi S., Sifaoui I., Sifi S., De Person M., Abderraba M., Moussa F., Hamdi M. Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract. Industrial Crops and Products. 2015;(74):592-599. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.05.054.
67. Delgado M.A., García-Rico C., Franco J.M. The use of rosemary extracts in vegetable oil-based lubricants. Industrial Crops and Products. 2014;(62):474-480. DOI: 10.1016 / j.indcrop.2014.09.021.
68. Rashidinejad A., Birch E.J., Everett D.W. Antioxidant activity and recovery of green tea catechins in full-fat cheese following gastrointestinal simulated digestion. Journal of Food Composition and Analysis. 2016;(48):13-24. DOI: 10.1016/j.jfca.2016.02.004.
69. Gerolis L.G.L., Lameiras F.S., Krambrock K., Neves M.J. Effect of gamma radiation on antioxidant capacity of green tea, yerba mate, and chamomile tea as evaluated by different methods. Radiation Physics and Chemistry. 2017;(130):177-185. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2016.08.017
70. Duong D.N., Qin J.G., Harris J.O., Hoang T.H., Bansaer M.S., Currie K.L., Phan-Thien K.Y., Dowell A., Stone D.A. J. Effects of dietary grape seed extract, green tea extract, peanut extract and vitamin C supplementation on metabolism and survival of greenlip abalone (*Haliotis laevigata Donovan*) cultured at high temperature. Aquaculture. 2016;(464):364-373. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.011>.
71. Sharpe E., Hua F., Schuckers S., Andreescu S., Bradley R. Effects of brewing conditions on the antioxidant capacity of twenty-four commercial green tea varieties. Food Chemistry. 2016;(192):380-387. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.07.005.
72. Jiao J., Wei Y., Chen J., Chen X., Zhang Y. Antiaging and redox state regulation effects of A-type proanthocyanidins-rich cranberry concentrate and its comparison with grape seed extract in mice. Journal of Functional Foods. 2017;(30):63-73. DOI: 10.1016/j.jff.2016.12.039.

73. Charradi K., Mohamed M., Bedhiafi T., Kadri S., Elkahouia S., Limam F., Aouani E. Dietary supplementation of grape seed and skin flour mitigates brain oxidative damage induced by a high-fat diet in rat: Gender dependency. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2017;(87):519-526. DOI: 10.1139/cjpp-2013-0225.
74. Quijada-Morín, N., García-Estévez I., NogalesBueno J., Rodríguez-Pulido F.J., Heredia F.J., Rivas-Gonzalo J.C., Escribano-Bailón M.T., Hernández-Hierro J.M. Trying to set up the flavanolic phases during grape seed ripening: A spectral and chemical approach. *Talanta*. 2016;(160):556-561. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2016.07.064>.
75. Muppalla S.R., Kanatt S.R., Chawla S.P., Sharma A. Carboxymethyl cellulose – polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat. *Food Packaging and Shelf Life*. 2014;(2):51-58. DOI: 10.1016/j.fpsl.2014.07.002.
76. Lee N.K., Jung B.S., Na D.S., Yu H.H., Kim J.S., Paik H.D. The impact of antimicrobial effect of chestnut inner shell extracts against *Campylobacter jejuni* in chicken meat. *LWT- Food Science and Technology*. 2016;(65):746-750. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.09.004.
77. Bonilla J., Sobral P.J.A. Investigation of the physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatin-chitosan edible film mixed with plant ethanolic extracts. *Food Bioscience*. 2016;(16):17-25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6472-4>
78. Su S., Wang L.J., Feng C.Y., Liu Y., Li C.H., Du H., Tang Z. Q., Xu Y.J., Wang L.S. Fingerprints of anthocyanins and flavonols of *Vaccinium uliginosum* berries from different geographical origins in the Greater Khingan Mountains and their antioxidant capacities. *Food Control*. 2016;(64):218-225. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.01.006.
79. Bazargani-Gilani B., Aliakbarlu J., Tajik H. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2015;(29):280-287. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.04.007.
80. Peek H.W., Halkes S.B.A., Tomassen M.M.M., Mes J.J., Landman W.J.M. In vivo screening of five phytochemicals/extracts and a fungal immunomodulatory protein against colibacillosis in broilers. *Avian Pathol*. 2013;(42(3)):235-247. DOI: 10.1080 / 03079457.2013.780121.
81. Surai P.F. Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: from the past to the future. *J Anim Phys Anim Nutr*. 2013;(98(1)):19-31. DOI: 10.1111 / jpn.12070.
82. Çabuk M., Serdar Eratak S., Alçicek A., Bozkurt M. Effects of Herbal Essential Oil Mixture as a Dietary Supplement on Egg Production in Quail. *Scientific World Journal*. 2014;2014:4. DOI: 10.1155 / 2014/573470.
83. Küçükyılmaz K., Kiyama Z., Akdağ A., Çetinkaya M., Atalay H., Ateş A., Gürsel F.E., Bozkurt M. Effect of lavender (*Lavandula Stoechas*) essential oil on growth performance, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status of broilers. *South African J Anim. Sci*. 2017;47(2):178-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i2.9>.
84. Ratti R. The influence of animal nutrition on meat quality. Doctoral Program in Animal Nutrition and Food Safety. Academic Year: 2013-2014. 121 p. URL: [https://air.unimi.it/retrieve/handle/2434/259595/358372/phd\\_unimi\\_R\\_09541.pdf](https://air.unimi.it/retrieve/handle/2434/259595/358372/phd_unimi_R_09541.pdf).
85. Decker E.A., Xu Z. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technology*. 1998. Vol. 52 (10). P. 54-59.
86. Monahan F.J., Buckley D.J., Morrissey P.A., Lynch P.B., Gray J.I. Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. *Meat Science*. 1992;31:229-241. DOI: <https://doi.org/10.1079/PNS19940034>.
87. Corino C., Oriani G., Pantaleo L., Pastorelli G., Salvatori G. Influence of dietary vitamin E supplementation on “heavy” pig carcass characteristics, meat quality, and vitamin E status. *Journal of Animal Science*. 1999;77:1755-1761. URL: <https://www.pubfacts.com/detail/10438022/Influence-of-dietary-vitamin-E-supplementation-on-heavy-pig-carcass-characteristics-meat-quality>.
88. Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E.J., Ahn D.U. Improving functional value of meat products. *Meat Science*. 2010;86:15-31. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.018.
89. Yeates A.J., McSorley E.M., Cuskelly G.J., Moss B.W., Wallace J.M.W.W., Bonham M.P., Fearon A.M. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits- Review. *Meat Science*. 2010;(84):1-13 DOI: 10.1016 / j.meatsci.2009.08.029.
90. McMillin K.W. Initiation of oxidative processes in muscle foods. *Reciprocal Meat Conferences Proceedings*. 1996;49:53-64. URL: <https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1996/initiation-of-oxidative-processes-in-muscle-foods.pdf?sfvrsn=2>.
91. Bou R., Codony R., Tres A., Decker E.A., Guardiola F. Dietary Strategies to Improve Nutritional Value, Oxidative Stability, and Sensory Properties of Poultry Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2009;(49):800-822. PMID: 20443160.
92. Aleo E., Ricci R., Passi S., Cataudella S. A novel cyt-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> chemiluminescences assay for measuring the reducing/antioxidant capacity on hydrophilic and lipophilic antioxidants and biological samples. *Progress in Nutrition*. 2005;(3):154-182. URL: [https://www.researchgate.net/publication/285756435\\_A\\_novel\\_cyt\\_C-H2O2-chemilumi](https://www.researchgate.net/publication/285756435_A_novel_cyt_C-H2O2-chemilumi)

nescence assay for measuring the reducing antioxidant capacity of a wide range of hydrophilic and lipophilic antioxidants and biological samples.

93. Pastorelli G., Rossi R., Corino C. Influence of *Lippia citriodora* verbascoside on growth performance, antioxidant status and serum immunoglobulines content in piglets. Czech Journal of Animal Science. 2012;(57):312-322. DOI: <https://doi.org/10.17221/6006-CJAS>.

94. Casamassima D., Palazzo M., Martemucci G., Vizzarri F., Corino C. Effects of verbascoside on plasma oxidative status and blood and milk production parameters during the peripartum period in lacune ewes. Small Ruminant Research. 2012;(105):1-8. Ber Pec 2014;51(2):89 - 100. DOI: <https://doi.org/10.17221/6825-CJAS>.

95. Palazzo M., Vizzarri F., Cinone M., Corino C., Casamassima D. Assessment of a natural dietary extract, titrated in phenylpropanoid glycosides, on blood parameters and plasma oxidative status in intensively reared Italian hares (*Lepus corsicanus*). Animal. 2011;(5):844-850. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731110002569>.

96. Marcinčák S., Mesarčová L., Popelka P., Čertík M., Šimková J., Marcinčáková D., Mařa P., Zachar P., Mártonová M. The influence of dietary supplementation with *Melissa officinalis* and combination of *Achillea millefolium* and *Crataegus oxyacantha* on oxidative stability of stored poultry meat. Journal of Animal and Feed Sciences. 2011;(20):236-245. DOI: <https://doi.org/10.22358/jafs/66181/2011>.

97. Fennema O.R. Food chemistry. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 1067 p.

98. Houlihan C.M., Ho C.T., Chang S.S. Elucidation of the chemical structure of a novel antioxidant, rosmaridiphenol, isolated from rosemary. J Am Oil Chem Soc. 1984;(61):1036-1039. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02636212>.

99. Nakatani N, Inatani R. Two antioxidant diterpenes from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) and a new revised structure for rosmanol. Agric Biol Chem. 1984;(48):2081-2085. DOI: 10.1271/bbb1961.48.2081.

100. Botsoglou N.A., Govaris A., Giannenas I., Botsoglou E., Papageorgiou G. The incorporation of dehydrated rosemary leaves in the rations of turkeys and their impact on the oxidative stability of the produced raw and cooked meat. Int J Food Sci Nutr. 2007;(58):312-20. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637480701228583>.

101. Mielnik M.B., Aaby K., Skrede G. Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. Meat Sci. 2003;(65):1147-1155. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00345-5.

102. Jaswir I., Man Y.B.C. Use optimization of natural antioxidants in refined bleached, and deodorized palm olein during repeated deep-fat frying using response surface methodology. J Am Oil Chem Soc. 1999;(76):341-348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0241-x>.

103. Namiki M. Antioxidant antimutagens in food. Crit Rev Food Sci Nutr. 1990;(29):273-300. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10408399009527528>.

104. De Pinedoa T., Peñalvera A.P., Morales J.C. Synthesis and evaluation of new phenolic based antioxidants: Structure-activity relationship. Food Chem. 2007;(103):55-61. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.026.

105. Furukawa H, Wieser M, Morita H, Nagasawa T. Microbial synthesis of coniferyl alcohol by the fungus *Byssoschlamys fulva* V107. Biosci Biotechnol Biochem. 1999;(63):1141-1142. URL: [https://www.research-gate.net/publication/12871326\\_Microbial\\_Synthesis\\_of\\_Coniferyl\\_Alcohol\\_by\\_the\\_Fungus\\_Byssoschlamys\\_fulva\\_V107](https://www.research-gate.net/publication/12871326_Microbial_Synthesis_of_Coniferyl_Alcohol_by_the_Fungus_Byssoschlamys_fulva_V107).

106. Armitage D.B., Hettiarachchy N.S., Monsoor M.A. Natural antioxidants as a component of an egg albumen film in the reduction of lipid oxidation in Cooked and Uncooked Poultry. J Food Sci. 2006;(67):631-634. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10650.x>.

107. Lee K.G., Shibamoto T. Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herbs and spices. J Agric Food Chem. 2002;(50):4947-4952. PMID: 12166987.

108. Taha Rababah, Hettiarachchy N.S., Ronny Horax. Total Phenolics and Antioxidant Activities of Fenugreek, Green Tea, Black Tea, Grape Seed, Ginger, Rosemary, Gotu Kola, and Ginkgo Extracts, Vitamin E, and tert -Butylhydroquinone September 2004 Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(16):5183-6. DOI: 10.1021/jf049645z.

109. Schilderman P., Vaarwerk F., Lutgerink J.T., Wurff A. van der, Hoor F., Kleinjans J.C.S. Induction of oxidative DNA damage and early lesions in rat gastrointestinal epithelium in relation to prostaglandin H synthase-mediated metabolism of butylated hydroxyanisole. Food Chem Toxicol. 1995;(33):99-109. PMID: 7868004.

110. Сычева О.В., Веселова М.В., Кононова Л.В. От безопасности молока-сырья - к безопасности молочных продуктов. Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке: сборник научных статей. Сост. Щербakov Н.А. Солёное Займище: ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016. С. 555-558. Режим доступа: [http://pniiaz.ru/d/778105/d/sbornik\\_po\\_itogam\\_kruglogo\\_stola\\_25\\_iyulya\\_2016.pdf](http://pniiaz.ru/d/778105/d/sbornik_po_itogam_kruglogo_stola_25_iyulya_2016.pdf).

Sycheva O.V., Veselova M.V., Kononova L.V. *Ot bezopasnosti moloka-syr'ya – k bezopasnosti molochnykh produktov*. [From the safety of raw milk to the safety of dairy products]. *Formirovanie i razvitie sel'skokhozyaystvennoy nauki v XXI veke: sbornik nauchnykh statey. Sost. Shcherbakov N.A.* [Formation and development of agricultural science in the XXI century: collection of scientific articles. Compiled by Shcherbakov N.A.]. *Solenoe Zaymishche: FGBNU «PNIIAZ»*, 2016. pp. 555-558. (In Russ.). URL: [http://pniiaz.ru/d/778105/d/sbornik\\_po\\_itogam\\_kruglogo\\_stola\\_25\\_iyulya\\_2016.pdf](http://pniiaz.ru/d/778105/d/sbornik_po_itogam_kruglogo_stola_25_iyulya_2016.pdf)

111. Bogatirev A.B., Emelyanov S.A., Skorykh L.N., Konik N.V., Kolotova N.A. New Principles For Ensuring The Biological Safety Of Raw Materials And Products Of Animal Origin. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018;9(5):1106-1109 URL: [https://www.rjpbcs.com/pdf/2018\\_9\(5\)%5B138%5D.pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2018_9(5)%5B138%5D.pdf).

112. Salami S., Guinguina A., Agboola J., Omede A., Agbonlahor E., Tayyab U. (2016). Review: In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: A review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. Animal. 2016;10(8):1375-1390. DOI: 10.1017/S1751731115002967.

Поступила: 06.03.2019      Принята к публикации: 02.04.2019      Опубликовано онлайн: 30.04.2019

***Сведения об авторах:***

**Остапчук Павел Сергеевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", ул. Киевская, д. 150, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295493, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5156-9705>**, e-mail: [ostapchuk\\_p@niishk.ru](mailto:ostapchuk_p@niishk.ru).

**Зубоченко Денис Викторович**, научный сотрудник лаборатории генетики, протеомики и биоинформатики ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", ул. Киевская, д. 150, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295493, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>**, e-mail: [denis.zubochenko@mail.ru](mailto:denis.zubochenko@mail.ru).

**Кувда Татьяна Алексеевна**, младший научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", ул. Киевская, д. 150, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295493, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>**, e-mail: [green28t@yandex.ru](mailto:green28t@yandex.ru).

Received: 06.03.2019      Accepted for publication: 02.04.2019      Published online: 30.04.2019

***Information about the authors:***

**Pavel S. Ostapchuk**, PhD in Agricultural sciences, leading researcher of the Laboratory for Research of Techniques in Animal Husbandry and Plant Growing of Research Institute of Agriculture of Crimea, Kievskaya Street, 150, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295493, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5156-9705>**, e-mail: [ostapchuk\\_p@niishk.ru](mailto:ostapchuk_p@niishk.ru).

**Denis V. Zubochenko**, researcher of the Laboratory of Genetics, Proteomics and Bioinformatics of Research Institute of Agriculture of Crimea, Kievskaya Street, 150, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295493, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>**, e-mail: [denis.zubochenko@mail.ru](mailto:denis.zubochenko@mail.ru).

**Tat'yana A. Kuevda**, junior researcher, Laboratory for Research of Techniques in Animal Husbandry and Plant Growing of Research Institute of Agriculture of Crimea, Kievskaya Street 150, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295493, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>**, e-mail: [green28t@yandex.ru](mailto:green28t@yandex.ru).