

## Особенности накопления йода в мышцах кроликов на фоне использования антиоксидантов в липосомальной форме

В. С. Паштецкий<sup>1</sup>, Д. В. Зубоченко<sup>1</sup>, П. С. Остапчук<sup>1</sup>✉, А. А. Зубоченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

✉ E-mail: [ostapchuk\\_p@niishk.ru](mailto:ostapchuk_p@niishk.ru)

**Аннотация.** Проблема насыщения йодом продуктов животноводства для жителей большинства регионов нашей страны требует ее детального изучения, а один из факторов – это получение продуктов животноводства, обогащенных органическим йодом. **Цель исследований** – изучение степени накопления йода в мышечной ткани кроликов на фоне использования липосомальной формы антиоксидантов, обогащенной органическим йодом (ЛФА). **Методы исследований.** Первая (контрольная) группа получала основной рацион (ОР) в виде полнорационной гранулированной смеси. Опытной второй группе молодняка кроликов калифорнийской породы вводилась ЛФА, изготовленная на основе ламинарий Белого моря из расчета 250 г на тонну кормовой смеси, а третьей опытной группе – ОР + ЛФА с цистозейрой Черного моря. Изучаемые показатели: формирование мясных показателей, химический анализ мышечной ткани, уровень накопления микроэлементов, в том числе йода, в мышечной ткани. **Результаты.** На основе соматометрического метода оценки кроликов выявлено, что у молодняка опытных групп происходит формирование, в большей степени, эйрисомного типа телосложения (от 60 до 70 % от всего поголовья). Корреляционные взаимосвязи экстерьерных особенностей у животных опытных групп определены как положительные и высокодостоверные. Вместе с тем взаимосвязь индекса сбитости связана со следующими промерами: длина туловища +0,67 ( $p \leq 0,01$ ), обхват груди +0,86, ( $p \leq 0,001$ ), длина поясницы +0,61, ( $p \leq 0,01$ ), длина зада +0,71 ( $p \leq 0,001$ ), промеры головы +0,57, ( $p \leq 0,05$ ). Выявлено улучшение данных убойных качеств кроликов опытных, второй и третьей групп: увеличен показатель убойной массы на 12,2 %, а данные массы внутренних органов, отвечающих за пищеварение – в диапазоне от 4,5 до 43,8 %. Отмечено в ходе обвалки тушек процентное содержание мышечной ткани на 10,0–15,9 %, а доля менее частей, в частности, костной ткани, снижается на 8,6–9,9 %. Йод из средней пробы мышечной ткани молодняка второй группы увеличивается на 91,8 мкг ( $p \leq 0,05$ ), а третьей – на 113,3 мкг ( $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контрольными аналогами.

**Ключевые слова:** липосомальная форма антиоксидантов, йод, экстерьер, кролики, мясные показатели, микроэлементы.

**Для цитирования:** Паштецкий В. С., Зубоченко Д. В., Остапчук П. С., Зубоченко А. А. Особенности накопления йода в мышцах кроликов на фоне использования антиоксидантов в липосомальной форме // Аграрный вестник Урала. 2020. № 05 (196). С. 51–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-51-58.

**Дата поступления статьи:** 20.04.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Йод является важным микроэлементом, играющим решающую роль в здоровом развитии животных и сельскохозяйственной птицы [1, с. 343]. Йод находится в организме в качестве белковых составов, а в неорганической форме – в незначительных количествах. Обмен йода состоит из следующих фаз. Вначале поступивший в организм йод всасывается в кишечнике, а затем посредством тканевых субстанций следует в щитовидную железу, которая является, по сути, центральным органом, регулирующим обмен йода. Более половины всего йода, находящегося в организме, аккумулируется в тканях щитовидной железы [2, с. 29].

Важным вопросом является биодоступность йода, поскольку лишь органическая форма позволяет ликвидировать йодный дефицит в организме животных [3, с. 34].

Биодоступность йодида для млекопитающих составляет 96 %, в то время как биодоступность органических

видов, таких как моноидтирозин, составляет всего 80 % [4, с. 196]. В случае домашнего скота йод не только получают в естественных формах: его поступление также контролируется обогащенным сырьем, поскольку в растениях содержание этого элемента очень низкое – в пределах 0,17–0,70 мкг на 1 кг сухого вещества [5, с. 225].

Однако, выращивая продукцию животноводства, следует учитывать специфичность природных условий того или иного региона Российской Федерации: на Северном Кавказе [6, с. 42], Алтае [7, с. 101], Брянской области [8, с. 57] и в других регионах. Отмечается этот дефицит и в республиках СНГ [9, с. 58, 10, с. 197]. Республика Крым также является эндемиком по содержанию в почве и воде йода [11, с. 15]. Это приводит к тому, что вся продукция, выращенная на полуострове посредством производимых здесь кормов, характеризуется недостатком этого ценного элемента. В доступной литературе механизм вымывания йода из биосферы полуострова объяснен [12, с. 27].

В 95 странах мира принято законодательство по обогащению соли йодом. В России среднее потребление йода составляет не более 40–80 мкг в сутки, что практически в три раза меньше нормы, которая составляет 150–250 мкг [13, с. 26]. Основными проявлениями йодной недостаточности являются эндемический зоб, гипотиреоз, умственные нарушения, снижение работоспособности и репродуктивной функции [14, с. 81]. Таким образом, данная проблема остается актуальной для жителей Крыма и России в целом, что требует ее детального изучения, а один из факторов обогащения рациона жителей отдельно взятого региона йодом – это выращивание продуктов животноводства, обогащенных органическим йодом [15, с. 34], а вопрос использования йода в животноводстве приобретает практически социальную значимость [16, с. 612]. Вместе с тем малоизученным остается вопрос поступления йода в организм животных. Эффективность применения липосомальных форм антиоксидантов доказана российскими учеными на разных видах сельскохозяйственных животных и птицы [17, с. 79], однако результаты в кролиководстве практически отсутствуют.

В связи с вышеизложенным основной целью исследований стало изучение степени накопления йода в мышечной ткани кроликов на фоне использования липосомальной формы антиоксидантов, обогащенной органическим йодом.

**Материал и методы исследований (Methods)**

Место проведения работы – ФГБУН «НИИСХ Крыма», отделение полевых культур Красновардецкого района; ЛПХ «Зубоченко» Симферопольского района. Объект исследований – кролики калифорнийской породы. Группы сформированы в среднем по 15–20 голов молодняка: I – контрольная: основной рацион (ОР); II – опытная: ОР + липосомальная форма антиоксидантов с содержанием органического йода из ламинарий Белого моря (смесь

*Laminaria digitata* и *Saccharina latissima*) из расчета 250 г на тонну кормовой смеси в виде гранул; III – опытная: ОР + липосомальная форма антиоксидантов с содержанием органического йода из водорослей (цистозейра бородачатая (*Cystoseira barbata*) Черного моря) из расчета 250 г на тонну кормовой смеси в виде гранул. Промеры и индексы телосложения изучали по методике Р. М. Нигматуллина и Н. А. Балакирева [18, с. 68]. По достижении средней живой массы 2,6–3,0 кг производили убой по 3 головы из каждой группы с целью изучения мясных качеств кроликов по методике Всероссийского института животноводства. Был рассчитан выход убойной массы по общепринятой методике; изучаемые показатели следующие: убойный выход, масса внутренних органов, обвалка тушек – выход мясной, жировой, соединительной и костной тканей (в процентах). Химический анализ мяса кроликов проводился в соответствии с действующими методиками ГОСТ в агрохимлаборатории ФГБУН «НИИСХ Крыма». Процентное содержание жира, белка, влаги и золы определяли в мышечной ткани определяли в соответствии с нормативными документами – ГОСТ 23042-86, ГОСТ 25011-81, ГОСТ 51479-99 и ГОСТ Р 53642-2009. Расчет калорийности проведен согласно Методическим указаниям по контролю норм вложения сырья и калорийности кулинарных изделий в предприятиях общественного питания. Результаты обработаны статистическими методами.

**Результаты исследований (Results)**

Оценка телосложения кроликов является первичным этапом в изучении формирования мясности у животных [19]. На основе соматометрического метода оценки кроликов в опыте, выявлено, что у молодняка опытных групп происходит формирование в большей степени эйрисомного типа телосложения (от 60 до 70 % от всего поголовья) (рис. 1).

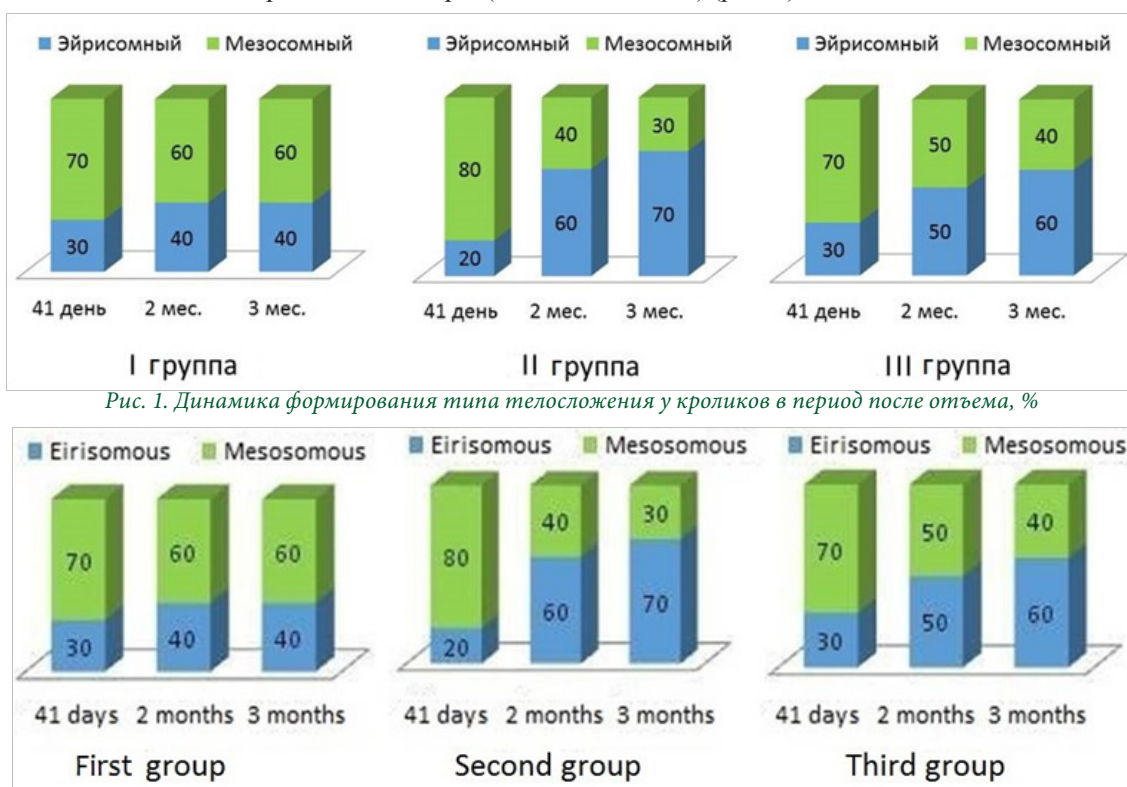


Рис. 1. Динамика формирования типа телосложения у кроликов в период после отъема, %

Fig. 1. The dynamics of the body type formation in rabbits in the period after weaning, %

Таблица 1  
Показатели уоя молодняка кроликов,  $X \pm S_x$

| Показатель  | I группа      | II группа      | III группа    |
|---|---------------|----------------|---------------|
| Живая масса, кг   | 2606,7 ± 37,2 | 2818,3 ± 46,8* | 2696,7 ± 41,7 |
| Убойная масса, кг   | 1340,0 ± 26,9 | 1471,7 ± 32,1* | 1400,0 ± 28,9 |
| Убойная масса туши (без печени, почек, сердца и легких), кг | 1983,0 ± 38,9 | 2224,3 ± 51,1* | 2105,0 ± 49,7 |
| Убойный выход, %  | 51,4 ± 0,3    | 52,2 ± 0,4     | 51,9 ± 0,3    |
| Голова, г   | 164,3 ± 2,1   | 183,3 ± 4,5*   | 173,7 ± 4,9   |
| Шкура, г  | 360,7 ± 7,4   | 410,0 ± 5,8**  | 396,3 ± 12,4* |
| Почки, г  | 19,0 ± 0,8    | 22,3 ± 1,0*    | 21,7 ± 1,4    |
| Печень, г   | 76,0 ± 2,3    | 106,7 ± 8,3*   | 84,7 ± 2,6*   |
| Легкие, г   | 15,7 ± 0,9    | 20,0 ± 1,9     | 19,3 ± 1,3*   |
| Сердце, г   | 7,3 ± 0,6     | 10,3 ± 0,6*    | 9,3 ± 0,6*    |
| Желудок, г  | 106,7 ± 2,8   | 153,3 ± 14,0*  | 116,7 ± 3,0*  |
| Кишечник, г   | 312,7 ± 3,2   | 326,7 ± 3,2*   | 320,7 ± 6,0   |

Примечание: здесь и далее в таблицах – уровни достоверности: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Table 1  
Indicators of slaughter of young rabbits,  $X \pm S_x$

| Indicator  | First group   | Second group   | Third group   |
|--|---------------|----------------|---------------|
| Live weight, kg  | 2606.7 ± 37.2 | 2818.3 ± 46.8* | 2696.7 ± 41.7 |
| Slaughter weight, kg   | 1340.0 ± 26.9 | 1471.7 ± 32.1* | 1400.0 ± 28.9 |
| Carcass slaughter weight (without liver, kidneys, heart and lungs), kg | 1983.0 ± 38.9 | 2224.3 ± 51.1* | 2105.0 ± 49.7 |
| Slaughter output from the carcass, %                                   | 51.4 ± 0.3    | 52.2 ± 0.4     | 51.9 ± 0.3    |
| Head, g  | 164.3 ± 2.1   | 183.3 ± 4.5*   | 173.7 ± 4.9   |
| Skin, g  | 360.7 ± 7.4   | 410.0 ± 5.8**  | 396.3 ± 12.4* |
| Kidneys, g   | 19.0 ± 0.8    | 22.3 ± 1.0*    | 21.7 ± 1.4    |
| Liver, g   | 76.0 ± 2.3    | 106.7 ± 8.3*   | 84.7 ± 2.6*   |
| Lungs, g   | 15.7 ± 0.9    | 20.0 ± 1.9     | 19.3 ± 1.3*   |
| Heart, g   | 7.3 ± 0.6     | 10.3 ± 0.6*    | 9.3 ± 0.6*    |
| Stomach, g   | 106.7 ± 2.8   | 153.3 ± 14.0*  | 116.7 ± 3.0*  |
| The intestines, g  | 312.7 ± 3.2   | 326.7 ± 3.2*   | 320.7 ± 6.0   |

Note: hereinafter in the tables – confidence levels: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Нами была рассчитана сопряженность промеров кроликов с живой массой и индексом сбитости. Отмечена положительная и достоверная взаимосвязь между показателями живой массы и промеров длины туловища и головы у животных контрольной группы; у них же индекс сбитости коррелирует ( $p \leq 0,01$ ) лишь с обхватом груди ( $r = +0,86$ ).

Практически по всем показателям взаимосвязи телосложения у животных II и III опытных групп выявлена положительная с высоким уровнем достоверности взаимосвязь ( $p \leq 0,05 \dots 0,001$ ): индекс сбитости – с длиной туловища ( $r = +0,67$ ), обхватом груди ( $r = +0,86$ ), длиной поясницы ( $r = +0,61$ ), длиной зада ( $r = +0,71$ ) и промерами головы ( $r = +0,57$ ).

Результаты проведения мероприятий по изучению убойных качеств молодняка кроликов изложены в таблице 1. Молодняк II группы отличался достоверным преимуществом по убойной массе на 131,7 г (9,8 %), а по убойной массе без внутренних органов – на 241,3 г (12,2 %). У животных также более массивны голова (19,0 г, или 11,6 %) и шкура (49,3 г, или 13,7 %). Отмечено достоверное преимущество внутренних органов, отвечающих за пищеварение: печень (30,7 г, или 40,4 %), желудок (46,7 г, или 43,8 %) и кишечник (14,0 г, или 4,5 %). Достоверным преимуществом также отличается развитие органов, непосредственно участвующих в обмене веществ организма: сердце (3,0 г, или 40,9 %) и почки (3,3 г, или 17,5 %).

У молодняка III опытной группы достоверное преимущество отмечено лишь по массе шкуры (35,7 г, или 9,9 %), печени (8,7 г, или 11,4 %), легких (3,7 г, или 23,4 %), сердца (2,0 г, или 27,3 %) и желудка (10,0 г, или 9,4 %). Важность изучения развития внутренних органов кроликов доказана также и в исследованиях Г. В. Обухова с соавторами [20, с. 46].

Была произведена обвалка тушек кроликов изучаемых групп. Результаты представлены в таблице 2.

У молодняка II группы в весовом значении отмечено достоверно повышенное содержание мышечной (на 149,3 г, или 15,9 %) и жировой (10,7 г, или 43,2 %) тканей, а костной (27,0 г, или 8,6 %) и соединительной (1,3 г, или 2,0 %) – снижение содержания в туше. В процентном соотношении аналогичные преимущества сохраняются: по мышечной (3,9 абс. %) и жировой ткани (0,6 абс. %). Соответственно, наблюдалось меньше соединительной (3,9 абс. %) и костной (0,5 абс. %) тканей.

Достоверно выше содержание мышечной ткани отмечено и у молодняка III группы: разница составляет 93,3 г, или 10,0 %, а костной – снижение на 31,0 г, или 9,9 %. Соответственно, и по процентному соотношению сохраняется такая же закономерность: по мышечной ткани разница с контролем составляет 3,5 абс. % (5,0 %), а костной ткани – на 3,3 абс. % (14,0 %).

Таблица 2  
Обвалка тушек кроликов,  $X \pm S_x$

| Показатель             |                      | I группа      | II группа       | III группа     |
|------------------------|----------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Средняя масса тушки, г |                      | 1340,0 ± 26,9 | 1471,7 ± 32,1*  | 1403,3 ± 31,4  |
| Граммов                | мышечная ткань       | 936,3 ± 18,7  | 1085,7 ± 26,3** | 1029,7 ± 24,0* |
|                        | костная ткань        | 313,7 ± 6,0   | 286,7 ± 4,9*    | 282,7 ± 8,3*   |
|                        | жировая ткань        | 24,7 ± 1,4    | 35,3 ± 1,0**    | 26,3 ± 1,7     |
|                        | соединительная ткань | 65,3 ± 3,3    | 64,0 ± 3,5      | 64,7 ± 2,8     |
| %                      | мышечная ткань       | 69,9 ± 0,3    | 73,8 ± 0,3***   | 73,4 ± 0,4**   |
|                        | костная ткань        | 23,4 ± 0,1    | 19,5 ± 0,3***   | 20,1 ± 0,3***  |
|                        | жировая ткань        | 1,8 ± 0,1     | 2,4 ± 0,1*      | 1,9 ± 0,1      |
|                        | соединительная ткань | 4,9 ± 0,2     | 4,3 ± 0,1       | 4,6 ± 0,3      |

Table 2  
Boning of rabbit carcasses,  $X \pm S_x$

| Indicator                 |                   | First group   | Second group    | Third group    |
|---------------------------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Average carcass weight, g |                   | 1340.0 ± 26.9 | 1471.7 ± 32.1*  | 1403.3 ± 31.4  |
| Grams                     | muscle tissue     | 936.3 ± 18.7  | 1085.7 ± 26.3** | 1029.7 ± 24.0* |
|                           | bone tissue       | 313.7 ± 6.0   | 286.7 ± 4.9*    | 282.7 ± 8.3*   |
|                           | adipose tissue    | 24.7 ± 1.4    | 35.3 ± 1.0**    | 26.3 ± 1.7     |
|                           | connective tissue | 65.3 ± 3.3    | 64.0 ± 3.5      | 64.7 ± 2.8     |
| %                         | muscle tissue     | 69.9 ± 0.3    | 73.8 ± 0.3***   | 73.4 ± 0.4**   |
|                           | bone tissue       | 23.4 ± 0.1    | 19.5 ± 0.3***   | 20.1 ± 0.3***  |
|                           | adipose tissue    | 1.8 ± 0.1     | 2.4 ± 0.1*      | 1.9 ± 0.1      |
|                           | connective tissue | 4.9 ± 0.2     | 4.3 ± 0.1       | 4.6 ± 0.3      |

Таблица 3  
Химический состав мышечной ткани и расчет питательной ценности проб мышечной ткани в среднем,  $X \pm S_x$

| Группа | Белок, %      | Жир, %       | Влага, %     | Калорийность на 100 г, ккал |
|--------|---------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| I      | 20,62 ± 0,30  | 3,81 ± 0,54  | 71,50 ± 0,38 | 83,17 ± 2,89                |
| II     | 22,15 ± 0,18  | 6,43 ± 0,61  | 71,09 ± 0,72 | 103,53 ± 3,00**             |
| III    | 21,86 ± 0,19* | 6,44 ± 0,60* | 71,53 ± 0,67 | 103,70 ± 3,52**             |

Table 3  
Chemical composition of muscle tissue and calculation of the nutritional value of muscle tissue samples on average,  $X \pm S_x$

| Group  | Protein, %    | Fat, %       | Moisture, %  | Calories per 100 g, kcal |
|--------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|
| First  | 20.62 ± 0.30  | 3.81 ± 0.54  | 71.50 ± 0.38 | 83.17 ± 2.89             |
| Second | 22.15 ± 0.18  | 6.43 ± 0.61  | 71.09 ± 0.72 | 103.53 ± 3.00**          |
| Third  | 21.86 ± 0.19* | 6.44 ± 0.60* | 71.53 ± 0.67 | 103.70 ± 3.52**          |

Таблица 4  
Содержание макро- и микроэлементов в среднем в мышечной ткани кроликов исследуемых групп, мкг/кг,  $X \pm S_x$

| Группа | I              | Se           | Co           | Cu          |
|--------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| I      | 56,0 ± 8,0     | 0,08 ± 0,02  | 0,01 ± 0,001 | 2,8 ± 0,3** |
| II     | 147,8 ± 29,0*  | 0,06 ± 0,003 | 0,01 ± 0,002 | 1,1 ± 0,2   |
| III    | 169,3 ± 31,6** | 0,05 ± 0,01  | 0,01 ± 0,003 | 4,2 ± 0,4*  |

Table 4  
The average content of macro-and microelements in the muscle tissue of rabbits of the studied groups, mcg/kg,  $X \pm S_x$

| Group  | I              | Se           | Co           | Cu          |
|--------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| First  | 56.0 ± 8.0     | 0.08 ± 0.02  | 0.01 ± 0.001 | 2.8 ± 0.3** |
| Second | 147.8 ± 29.0*  | 0.06 ± 0.003 | 0.01 ± 0.002 | 1.1 ± 0.2   |
| Third  | 169.3 ± 31.6** | 0.05 ± 0.01  | 0.01 ± 0.003 | 4.2 ± 0.4*  |



В обеих опытных группах отмечено снижение соединительной ткани, однако установленная разница недостоверна.

Данные химического состава и питательности мышечной ткани средней пробы приведены в таблице 3. Отмечено достоверное преимущество у молодняка третьей опытной группы по содержанию белка на 6,0 %, а жира – на 69,0 % в сравнении с контролем. За счет высоких значений коэффициента вариации у показателей мышечной ткани молодняка второй опытной группы это преимущество не является достоверным. Однако показатель калорийности мышечной ткани в среднем отмечен у мышечной ткани молодняка второй опытной группы в пределах 24,5 %, а третьей опытной группы – на 24,7 %.

В таблице 4 приведены данные накопления микроэлементов в средней пробе мышечной ткани кроликов изучаемых групп.

Содержание йода в средней пробе мышечной ткани в опытных группах молодняка кроликов накапливается следующим образом: во второй группе – на 91,8 мкг ( $p \leq 0,05$ ), а в третьей – на 113,3 мкг ( $p \leq 0,05$ ).

Содержание селена, в свою очередь, варьируется от 0,05 до 0,08 мкг/кг, кобальта – 0,01 мкг по всем трем группам, меди – от 4,2 у животных третьей группы до 1,1 у животных второй. Таким образом, влияние на прочие элементы, кроме йода, липосомальная форма антиоксидантов без обогащения этих элементов практически не оказывает.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Общеизвестно, что ряд болезней (как человека, так и животных) вызван дефицитом йода [21, с. 542]. Хотя от-

мечен положительный эффект йода и препаратов на его основе на организм животных [22, с. 814], [23, с. 2756], исследования, охватывающие влияние субстанций в липосомальной форме, содержащих йод, на показатели качества продуктов животного происхождения, практически мало представлены в научной литературе. В ходе применения соматометрического метода оценки эктсерьера кроликов выявлено, что у молодняка опытных групп происходит формирование в большей степени эйрисомного типа телосложения (от 60 до 70 % от всего поголовья). По всем показателям корреляции изучаемых соматических параметров у молодняка II и III групп отмечена положительная и высокодостоверная взаимосвязь, а сопряженность индекса сбитости коррелирует положительно с длиной туловища ( $r = +0,67, p \leq 0,01$ ), обхватом груди ( $r = +0,86, p \leq 0,001$ ), длиной поясницы ( $r = +0,61, p \leq 0,01$ ), длиной зада ( $r = +0,71, p \leq 0,001$ ) и промерами головы ( $r = +0,57, p \leq 0,05$ ). В наших исследованиях изучена эффективность влияния липосомальной формы антиоксидантов, обогащенных йодом, на формирование мясной продуктивности кроликов и биологической полноценности мяса. Установлено улучшение показателей убоя: увеличивается убойная масса на 12,2 %, а масса внутренних органов, отвечающих за пищеварение, на 4,5–43,8%. Отмечается процентное увеличение мышечной ткани при обвалке на 10,0–15,9 %, снижается доля малоценных частей в туше – костной ткани – на 8,6–9,9 %. Йод в средней пробе мышечной ткани опытных групп увеличивается на 91,8 мкг ( $p \leq 0,05$ ) у животных второй группы и на 113,3 мкг ( $p \leq 0,05$ ) третьей в сравнении с контролем.

#### Библиографический список

- Ильязов Р. Г., Паштецкий В. С., Стройнова С. Ю., Заверняев Ю. А., Слепокуров А. С., Остапчук П. С., Паштецкий А. В., Туйгульдина Э. И. Перспективы использования липосомальных технологий в животноводстве и птицеводстве для производства биологически полноценных и функциональных продуктов питания, обогащенных органическим йодом, в условиях Крыма // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы международной научной конференции. Ялта, 2019. С. 342–343.
- Карабаева М. Э. Проблема йододефицита у животных // Эффективное животноводство. 2018. С. 28–29.
- Карабаева М. Э. Использование йодказеина для повышения полноценности кормления молодняка овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 2. С. 31–34.
- Hou X., Hansen V., Aldahan A. A review on speciation of iodine-129 in the environmental and biological samples // Analytica Chimica Acta. 2009. No. 632. Pp. 181–196.
- Meyer U., Weigel K., Schöne F. Effect of dietary iodine on growth and iodine status of growing fattening bulls // Livestock Science. 2008. 115. Pp. 219–225.
- Селионова М. И., Михайленко А. К., Чинова Л. Н., Чотчаева Ч. Б., Суржикова Е. С. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекция в условиях йододефицита // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 1. С. 42–53. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53.
- Афанасьева А. И., Сарычев В. А. Влияние различных доз йодсодержащего препарата «Монклавит-1» на уровень тиреоидных гормонов щитовидной железы в крови лакирующих овец Западносибирской мясной породы // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6. С. 100–104.
- Коробова Е. М., Березкин В. Ю., Колмыкова Л. И., Корсакова Н. В., Кригман Л. В. Дефицит йода в агроландшафтах Брянской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. № 3. С. 57–65.
- Федоренко Е. В., Коломиец Н. Д., Мохорт Т. В., Волченко А. Н., Мохорт Е. Г., Петренко С. В., Сычик С. И. Информирование о риске как элемент устойчивости стратегии ликвидации йододефицитных заболеваний в Беларуси // Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 58–67. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.06.
- Исмаилов С. И., Рашитов М. М. Результаты эпидемиологических исследований распространенности йододефицитных заболеваний в Республике Узбекистан // Международный эндокринологический журнал. 2017. № 13. С. 197–201. DOI: 10.22141/2224-0721.13.3.2017.104119.

11. Иванов С. В., Гук М. Г., Фазылова Ф. Р., Плиско Е. Ф. Взаимосвязь химического состава почвы и поверхностных вод Республики Крым и их влияние на развитие эндемичных заболеваний // Центральный научный вестник. 2018. Т. 3. № 10 (51). С. 15–19.
12. Безруков О. Ф., Ильченко Ф. Н., Аблаев Э. Э., Зима Д. В. Геохимические факторы зоообразования // Таврический медико-биологический вестник. 2017. Т. 20. № 3. С. 23–27.
13. Мельниченко Г. А., Трошина Е. А., Платонова Н. М., Савчук П. О., Якунчикова М. С. Осведомленность населения России о йододефицитных заболеваниях // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2016. Т. 12. № 3. С. 25–26. DOI: 10.14341/ket2016325-30.
14. Трошина Е. А., Абдулхабирова Ф. М., Федак И. Р., Платонова Н. М., Пронина Л. О., Кавтарадзе С. Р., Арбузова М. И., Ильин А. В. Результаты эпидемиологических исследований беременных женщин в Российской Федерации по проекту «Тиромобиль» // Терапевтический архив. 2008. Т. 80. № 2. С. 78–81.
15. Орлова О. Ю., Пилипенко Т. В., Нилова Л. П., Никулина М. В. Традиционные и перспективные растительные источники йода для обогащения пищевых продуктов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 4. С. 26–34.
16. Олива Т. В., Горшков Г. И. Обогащение йодом и повышение пищевой ценности птицеводческой продукции: мяса и яиц // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 612.
17. Ильязов Р. Г., Токарев В. П., Заверняев Ю. А., Ахметзянова Ф. К., Асташева Н. П. Повышение мясо-молочной продуктивности при введении липосомальных форм антиоксидантов в рацион жвачных животных // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 223. № 3. С. 75–79.
18. Нигматуллин Р. М., Балакирев Н. А. Экстерьерно-конституциональные особенности кроликов основных пород, разводимых в Российской Федерации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 11 (97). С. 63–68.
19. Берестова Н. В., Макаренко Л. Я. Сравнительная оценка условий выращивания кроликов породы серебристый по продуктивно-биологическим показателям // Вестник КрасГАУ. 2016. № 3. С. 129–134.
20. Обухов Г. В., Горелик О. В., Лоретц О. Г. Откормочные и мясные качества кроликов // Аграрный вестник Урала. 2016. № 09 (151). С. 42–46.
21. Yakubchak O. M., Zabarna I. V., Taran T. V., Prosanij S. B., Dzhamil V. I. Use of iodine preparation in rabbit breeding // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. No. 8 (1). Pp. 542–546. DOI: 10.15421/2017\_247.
22. Ong C. B., Herdt T. H., Fitzgerald S. D. Hyperplastic goiter in two adult dairy cows // Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 2014. No. 26 (6). Pp. 810–814. DOI:10.1177/1040638714554441.
23. Zhang P., Zhi Y. L., Fang H. W., Wu Z. Y., Chen T. W., Jiang J., Chen S. Y. Effects of polyvinylpyrrolidone-iodine on tendon-bone healing in a rabbit extra-articular model // Experimental and Therapeutic Medicine. 2017. No. 13 (6). Pp. 2751–2756. DOI:10.3892/etm.2017.4359.

**Об авторах:**

Владимир Степанович Паштетский<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, директор, ORCID 0000-0002-3908-733X, AuthorID 849074; +7 (365) 256-00-07, pvs98a@gmail.com

Денис Викторович Зубоченко<sup>1</sup>, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики в сельском хозяйстве, ORCID 0000-0002-4054-7145, AuthorID 1027695; +7 (365) 256-00-07, denis.zubochenko@mail.ru

Павел Сергеевич Остапчук<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, ORCID 0000-0001-5156-9705, AuthorID 401978; +7 (365) 256-00-07, ostapchuk\_p@niishk.ru

Алла Анатольевна Зубоченко<sup>1</sup>, заведующая лабораторией агрохимических исследований, ORCID 0000-0003-3393-9885, AuthorID 855849; +7 (365) 256-00-07, zubochenko\_a@niishk.ru

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

## Features of the accumulation of iodine in the muscles of rabbits against the background of the use of antioxidants in liposomal form

V. S. Pashtetskiy<sup>1</sup>, D. V. Zubochenko<sup>1</sup>, P. S. Ostapchuk<sup>1✉</sup>, A. A. Zubochenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia

✉E-mail: ostapchuk\_p@niishk.ru

**Abstract.** The problem of iodine saturation of livestock products for residents of most regions of our country requires a detailed study. One of the factors is the obtaining of livestock products enriched with organic iodine. The study of the degree of accumulation of iodine in the muscle tissue of rabbits at the background of the use of liposomal form of antioxidants enriched with

organic iodine (LFA) was the main purpose of the research. **Methods.** An experiment on rabbits of the California breed were used. The first control group received the main diet (MD) in the form of a granular mixture. The experimental second group was given LFA based on White sea laminarias at the rate of 250 g per ton of feed mixture of MD. The third experimental group was injected with MD the LFA with Black sea Cystoseira. The formation of meat indicators, chemical analysis of muscle tissue, the level of accumulation of trace elements, including iodine in muscle tissue was studied indicators. **Results.** Based on the somatometric method of evaluating rabbits, it was found that the young animals of the experimental groups form a more eirisomus-type body (from 60 to 70 % of the total population). All indicators of the interactions of somatic parameters in the young groups II and III positive and highly significant correlation, and the correlation index of the density of the body correlated positively with body length ( $r = +0,67, p \leq 0.01$ ), chest girth ( $r = +0,86, p \leq 0.001$ ), length of loin ( $r = +0,61, p \leq 0,01$ ), the length of the backside ( $r = +0,71, p \leq 0.001$ ) and head measurement ( $r = +0,57, p \leq 0.05$ ). An improvement of the indicators of slaughter of experimental groups of young animals was stated. The slaughter weight increases by 12.2 %, and the mass of internal organs responsible for digestion by 4.5–43.8 %. A percentage of increase in muscle tissue during boning by 10.0–15.9 % and a decrease in the proportion of low-value parts in the carcass-bone tissue by 8.6–9.9 % was stated. Iodine in the average sample of muscle tissue of the experimental groups increases by 91.8 mcg ( $p \leq 0.05$ ) in animals of the second group and by 113.3 mcg ( $p \leq 0.05$ ) of the third group.

**Keywords:** liposomal form of antioxidants, iodine, exterior, rabbits, meat indicators, trace elements.

**For citation:** Pashtetskiy V. S., Zubochenko D. V., Ostapchuk P. S., Zubochenko A. A. Osobennosti nakopleniya yoda v myshtsakh krolikov na fone ispol'zovaniya antioksidantov v liposomal'noy forme [Features of the accumulation of iodine in the muscles of rabbits against the background of the use of antioxidants in liposomal form] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 05 (196). Pp. 51–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-51-58. (In Russian.)

**Paper submitted:** 20.04.2020.

### References

1. Il'yazov R. G., Pashtetskiy V. S., Stroynova S. Yu., Zavernyaev Yu. A., Slepokurov A. S., Ostapchuk P. S., Pashtetskiy A. V., Tuygul'dina E. I. Perspektivy ispol'zovaniya liposomal'nykh tekhnologiy v zhitovnovodstve i ptitsevodstve dlya proizvodstva biologicheskoi polnotsennykh i funktsional'nykh produktov pitaniya, obogashchennykh organicheskimi yodami, v usloviyakh Kryma [Prospects for the use of liposomal technology in livestock and poultry for production of biologically complete and functional foods, enriched with organic iodine, in the Crimea] // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Yalta, 2019. Pp. 342–343 (In Russian.)
2. Karabaeva M. E. Problema yododefitsita u zhitovnykh [The Problem of iodine deficiency in animals] // Effektivnoe zhitovnovodstvo. 2018. Pp. 28–29. (In Russian.)
3. Karabaeva M. E. Ispol'zovanie yodkazeina dlya povysheniya polnotsennosti kormleniya molodnyaka ovets [Use of yodkazein to increase the usefulness of feeding young sheep] // Ovtzy,kozy, sherstyanoe delo. 2015. No. 2. Pp. 31–34. (In Russian.)
4. Hou X., Hansen V., Aldahan A. A review on speciation of iodine-129 in the environmental and biological samples // Analytica Chimica Acta. 2009. No. 632. Pp. 181–196.
5. Meyer U., Weigel K., Schöne F. Effect of dietary iodine on growth and iodine status of growing fattening bulls // Livestock Science. 2008. 115. Pp. 219–225.
6. Selionova M. I., Mikhaylenko A. K., Chizhova L. N., Chotchaeva Ch. B., Surzhikova E. S. Morfo-biokhimicheskie funktsii organizma ovets i ikh korrektsiya v usloviyakh yododefitsita [Morphobiochemical functions of the sheep organism and their adjustment in the conditions of iodine deficiency] // South of Russia: ecology, development. 2019. Vol. 14. No. 1. Pp. 42–53. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53 (In Russian.)
7. Afanas'eva A. I., Sarychev V. A. Vliyanie razlichnykh doz yodsoderzhashchego preparata "Monklavit-1" na uroven' tireoidnykh gormonov shchitovidnoy zhelezy v krovi lakiruyushchikh ovets Zapadnosibirskoy myasnoy porody [The effect of various doses of iodinated drug "Monklavit-1" on thyroid hormone level in the blood of lactation ewes of Wes-Siberian Meat Breed] // The Bulletin of KrasGAU. 2018. No. 6. Pp. 100–104. (In Russian.)
8. Korobova E. M., Berezkin V. Yu., Kolmykova L. I., Korsakova N. V., Krigman L. V. Defitsit yoda v agrolandshaftakh Bryanskoy oblasti [Iodine deficiency in agriculture landscapes of the Bryansk Region] // RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2016. No. 3. Pp. 100–104. (In Russian.)
9. Fedorenko E. V., Kolomiets N. D., Mokhort T. V., Volchenko A. N., Mokhort E. G., Petrenko S. V., Sychik S. I. Informirovanie o riske kak element ustoychivosti strategii likvidatsii yoddefitsitnykh zabolevaniy v Belarusi [Risk communication as a component that provides stability of strategy aimed at eliminating diseases caused by iodine deficiency in Belarus] // Health Risk Analysis. 2019. No. 1. Pp. 58–67. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.06.eng (In Russian.)
10. Ismailov S. I., Rashitov M. M. Rezul'taty epidemiologicheskikh issledovaniy rasprostranennosti yododefitsitnykh zabolevaniy v Respublike Uzbekistan [Results of epidemiological studies on the prevalence of iodine deficiency disorders in the Republic of Uzbekistan] // International Journal of Endocrinology. 2017. No. 13. Pp. 197–201. DOI: 10.22141/2224-0721.13.3.2017.104119. (In Russian.)

11. Ivanov S. V., Guk M. G., Fazylova F. R., Plisko E. F. Vzaimosvyaz' khimicheskogo sostava pochvy i poverkhnostnykh vod Respubliki Krym i ikh vliyanie na razvitie endemichnykh zabolevaniy [Interrelation of chemical composition of soil and surface waters of the Republic of Crimea and their influence on the development of endemic diseases] // Tsentral'nyy nauchnyy vestnik. 2018. Vol. 3. No. 10 (51). Pp. 15–19. (In Russian.)
12. Bezrukov O. F., Il'chenko F. N., Ablaev E. E., Zima D. V. Geokhimicheskie faktory zoboobrazovaniya [Geochemical factors of goiter formation] // Tavricheskiy Mediko-Biologicheskii Vestnik. 2017. Vol. 20. No. 3. Pp. 23–27. (In Russian.)
13. Mel'nichenko G. A., Troshina E. A., Platonova N. M., Savchuk P. O., Yakunchikova M. S. Osvedomlennost' naseleniya Rossii o yododefitsitnykh zabolevaniyakh [Awareness of the Russian population about iodine-deficient diseases] // Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya. 2016. Vol. 12. No. 3. Pp. 25–26. DOI: 10.14341/ket2016325-30. (In Russian.)
14. Troshina E. A., Abdulkhabirova F. M., Fedak I. R., Platonova N. M., Pronina L. O., Kavtaradze S. R., Arbuzova M. I., Il'in A. V. Rezul'taty epidemiologicheskikh issledovaniy beremennykh zhenshchin v Rossiyskoy Federatsii po proektu "Tyromobil" [Results of epidemiological studies of pregnant women in the Russian Federation under the project "Tyromobil"] // Therapeutic archive. 2008. T. 80. No. 2. Pp. 78–81. (In Russian.)
15. Orlova O. Yu., Pilipenko T. V., Nilova L. P., Nikulina M. V. Traditsionnye i perspektivnye rastitel'nye istochniki yoda dlya obogashcheniya pishchevykh produktov [Traditional and perspective vegetable sources of iodine for enrichment of foodstuff] // Scientific journal NRU ITMO. Series "Processes and Food Production Equipment". 2015. No. 4. Pp. 26–34. (In Russian.)
16. Oliva T. V., Gorshkov G. I. Obogashchenie yodom i povyshenie pishchevoy tsennosti ptitsevodcheskoy produktsii: myasa i yaits [Iodine Enrichment and increasing the nutritional value of poultry products: meat and eggs] // Modern problems of science and education. 2014. No. 5. P. 612 (In Russian.)
17. Il'yazov R. G., Tokarev V. P., Zavernyaev Yu. A., Akhmetzyanova F. K., Astasheva N. P. Povyshenie myaso-molochnoy produktivnosti pri vvedenii liposomal'nykh form antioksidantov v ratsion zhvachnykh zhivotnykh [Increasing of meat-and-dairy productivity when introducing of liposomal forms of antioxidants in the ruminant diet] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. 2015. T. 223. No. 3. Pp. 75–79. (In Russian.)
18. Nigmatullin R. M., Balakirev N. A. Ekster'erno-konstitutsional'nye osobennosti krolikov osnovnykh porod, razvodimyykh v Rossiyskoy Federatsii [Exterior and constitutional features of rabbits of the main breeds bred in the Russian Federation] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. No. 11 (97) Pp. 63–68. (In Russian.)
19. Berestova N. V., Makarenko L. Ya. Sravnitel'naya otsenka usloviy vyrashchivaniya krolikov porody serebristyy po produktivno-biologicheskim pokazatelyam [Comparative assessment of cultivation conditions of rabbits of breed Silvery on productive and biological indicators] // The Bulletin of KrasGAU. 2016. No. 3. Pp. 129–134. (In Russian.)
20. Obukhov G. V., Gorelik O. V., Lorets O. G. Otkormochnye i myasnye kachestva krolikov [Fattening and carcass traits of rabbits] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 10. Pp. 42–46. (In Russian.)
21. Yakubchak O. M., Zabarna I. V., Taran T. V., Prosanij S. B., Dzhamil V. I. Use of iodine preparation in rabbit breeding // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. No. 8 (1). Pp. 542–546. DOI: 10.15421/2017\_247.
22. Ong C. B., Herdt T. H., Fitzgerald S. D. Hyperplastic goiter in two adult dairy cows // Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 2014. No. 26 (6). Pp. 810–814. DOI:10.1177/1040638714554441.
23. Zhang P., Zhi Y. L., Fang H. W., Wu Z. Y., Chen T. W., Jiang J., Chen S. Y. Effects of polyvinylpyrrolidone-iodine on tendon-bone healing in a rabbit extra-articular model // Experimental and Therapeutic Medicine. 2017. No. 13 (6). Pp. 2751–2756. DOI:10.3892/etm.2017.4359.

#### Authors' information:

Vladimir S. Pashtetskiy<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, director, ORCID 0000-0002-3908-733X, AuthorID 849074; +7 (365) 256-00-07, [pvs98a@gmail.com](mailto:pvs98a@gmail.com)

Denis V. Zubochenko<sup>1</sup>, researcher of the laboratory of molecular genetics, proteomics and bioinformatics in agriculture, ORCID 0000-0002-4054-7145, AuthorID 1027695; +7 (365) 256-00-07, [denis.zubochenko@mail.ru](mailto:denis.zubochenko@mail.ru)

Pavel S. Ostapchuk<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory for research of technological in animal husbandry and crop production, ORCID 0000-0001-5156-9705, AuthorID 401978; +7 (365) 256-00-07, [ostapchuk\\_p@niishk.ru](mailto:ostapchuk_p@niishk.ru)

Alla A. Zubochenko<sup>1</sup>, head of the agrochemical research laboratory, ORCID 0000-0003-3393-9885, AuthorID 855849; +7 (365) 256-00-07, [zubochenko\\_a@niishk.ru](mailto:zubochenko_a@niishk.ru)

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia