

ПРИЖИЗНЕННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ БАРАНИНЫ ЭССЕНЦИАЛЬНЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ С ЦЕЛЬЮ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Гиро Т.М.^{1*}, Горлов И.Ф.^{2,3}, Сложенкина М.И.^{2,3}, Козлов С.В.¹, Тасмуханов Н.В.¹

¹ Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

² Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

³ Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Ключевые слова: кормовые добавки, эссенциальные микроэлементы, алиментарная недостаточность, йододефицит, здоровое питание, функциональные продукты

Аннотация

Для обеспечения профилактических мер по устранению проблемы дефицита микроэлементов разработан новый биологически безопасный и эффективный метод обогащения баранины с использованием в рационах скота кормовых добавок, содержащих йод и селен в органической форме. Отмечено увеличение содержания йода, селена и цинка в мясе животных опытных групп, выращенных с применением обогащенных рационов, причем более значительная локализация элементов зафиксирована в мясе баранчиков, получавших кормовую добавку «Йоддар-Zn» совместно с селеноорганическим препаратом «ДАФС-25» (Zn – 980 мкг/100 г; Se — 53,9 мкг/100 г; I — 77,6 мкг/100 г). Таким образом, в 100 г *m. longissimus dorsi* содержится соответственно 8,2; 77,0 и 51,7% от установленного уровня потребности в этих элементах, что обосновывает целесообразность дальнейшего использования данного сырья для выработки мясных продуктов функционального назначения. На основании более значительной локализации микроэлементов в мясе баранчиков, получавших совместно «Йоддар-Zn» и «ДАФС-25», из сырья этой группы были изготовлены сыровяленые снеки. В процессе технологической обработки содержание цинка в продукте снизилось на 21,3%, селена на — 16,3%, йода — на 26,5% и составило 771 мкг/100 г, 39,72 мкг/100 г и 57,01 мкг/100 г соответственно, что позволяет удовлетворить суточную потребность в них на 6,4; 56,7 и 38,0% (из расчета на 100 г продукта). Потери цинка в снеках, упакованных под вакуумом, в процессе хранения в течение 3 месяцев составили 11,3%, селена — 12,6%, йода — 14,3% от исходного. Содержание цинка в 100 г готового продукта по истечению 3 месяцев хранения составило 5,7; селена — 49,6; йода — 32,6% от установленного уровня потребности. Проведены исследования физиологического воздействия сыровяленых снеков на организм лабораторных животных. Выявлено стимулирующее влияние селена и йода на гемопозитическую функцию опытных животных. В ходе исследования функциональной активности щитовидной железы установлено, что у животных опытных групп содержание тиреотропного гормона в сыворотке крови достоверно выше, чем у крыс из контрольной.

Original scientific paper

IN VIVO ENRICHMENT OF THE LAMB OF ESSENTIAL TRACE ELEMENTS FOR ITS USE IN THE TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL FOODS

Tatiana M. Giro^{1,*}, Ivan F. Gorlov^{2,3}, Marina I. Slozhenkina^{2,3}, S.V. Kozlov¹, N.V. Tasmuchanov¹

¹ Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

² Volga region research institute of meat-and-milk production and processing, Volgograd, Russia

³ Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Key words: feed supplements, essential microelements, nutritional deficiency, iodine deficiency, healthy diet, functional products.

Abstract

To provide preventive measures for solving the problem of micronutrient deficiency, a new effective biologically safe method of enrichment lamb through the intervention of the cattle rations with feed supplements containing iodine and selenium in organic form has been developed. An increase in the iodine, selenium and zinc content in meat of the test animals fed enriched diets was noted, with more significant localization of elements to be registered in the meat from the ram lamb fed the «Yoddar-Zn» feed supplement together with organic selen preparation «DAFS-25» (Zn - 980 mg/100g; Se — 53.9 mg/100 g; I — 77.6 mg/100 g). So, 100 g of *m.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Гиро Т.М., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Козлов С.В., Е.Ю., Тасмуханов Н.В. Прижизненное обогащение баранины эссенциальными микроэлементами с целью ее использования в технологии функциональных продуктов. Теория и практика переработки мяса. 2018; 3(3): 74–88. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-3-74-88

FOR CITATION: Giro T.M., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Kozlov S.V., Tasmuchanov N.V. In vivo enrichment of the lamb of essential trace elements for its use in the technology of functional foods. Theory and practice of meat processing. 2018; 3(3): 74–88. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-3-74-88

Объекты и методы

Опыт проводился на базе СПК колхоз «Романовский» Саратовской области. Выращивание ягнят осуществлялось кошарно-базовым методом. С 4,5-х месячного возраста всех животных поставили на 4-х месячный интенсивный нагул на естественные пастбища (окончание нагула — в 8,5 месячном возрасте). Для проведения опыта в отаре ягнят ставропольской породы в возрасте 4,5 месяцев по методу аналогов были сформированы четыре группы подопытных животных по 10 голов в каждой. Кормовые добавки вносили дополнительно к основному рациону согласно инструкции по применению один раз в сутки вместе с зерновыми кормами (ячменная дерть) в количестве 10 % от их количества. Дозировка «Йоддар-Zn» — 100 г на 1 тонну корма, «ДАФС-25» — из расчета 1,6 мг на 1 кг корма в составе премиксов. Контрольная группа получала к основному рациону только ячменную дерть в количестве 250–300 грамм на голову в сутки (ОР); I опытная — ячменную дерть + кормовую добавку «Йоддар-Zn»; II опытная — ячменную дерть + селенорганический препарат «ДАФС-25»; III опытная — ячменную дерть + «Йоддар-Zn» + «ДАФС-25» (Табл. 1).

Во всех опытах применены идентичные способы транспортировки и предубойной подготовки животных. В конце опыта (255 суток) по методике ВИЖ 1985 года был произведен контрольный убой 40 подопытных животных в условиях СПК колхоз «Романовский» Саратовской области.

На разделку и обвалку туши направляли в охлажденном состоянии через 24 ч. после убоя. Для исследований отбирали образцы *m. longissimus dorsi* контрольной и опытных групп, упаковывали в полиэтилен-полиамидную пленку и проводили исследования по ниже описанным методам.

Минеральный состав мышечной ткани баранины и готовых изделий характеризовали по наличию и содержанию микроэлементов (Se, Zn, I). При определении минерального состава руководствовались ГОСТами (ГОСТ 26927–86, ГОСТ 26930–86) и инструкциями, рекомендованными научным Советом по аналитическим методам (НСАМ 3х, 160х, 172х, 138х, 450с). Определение макро- и микроэлементов вели методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Таблица 1. Схема эксперимента (n=10)

Группа	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Кормовая добавка	ОР	ОР + «Йоддар-Zn»	ОР + «ДАФС-25»	ОР + «Йоддар-Zn» + «ДАФС-25»

Таблица 2. Схема эксперимента (n=6)

Характеристика групп	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Состояние животных в начале эксперимента	клинически здоровые			
Рацион лабораторных животных	ОР	ОР + чипсы (I)	ОР + чипсы (Se)	ОР + чипсы (I-Se)
Объем введения	—	3–5	3–5	3–5
Режим введения	—	Дробно 2 раза в день	Дробно 2 раза в день	Дробно 2 раза в день

С целью оценки биологической ценности и профилактоического эффекта сыровяленых снеков из баранины, обогащенных эссенциальными микронутриентами, проведены биологические исследования влияния функциональных продуктов на обменные процессы в организме животных. В качестве лабораторных моделей были использованы крысы-самцы линии Вистар (Wistar) массой 50–65 г. Для опыта были сформированы по принципу аналогов четыре группы по 6 животных в каждой. Контрольная группа получала обычный виварный рацион (ОР); I опытная — дополнительно сыровяленые снеки из баранины, обогащенной йодом (I); II опытная — снеки из баранины, обогащенной селеном (Se); III опытная — снеки из баранины, обогащенной йодом и селеном (I-Se). Схема эксперимента приведена в Табл. 2.

Исследования выполняли согласно «Правилам лабораторной практики в Российской Федерации» (Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 708н от 23.08.2010 г.) и методическим указаниям с «Руководством по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая» (2012). Эксперименты на животных проводили в соответствии с правилами, принятыми Европейской Конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS123). Strasbourg, 1986). Исследования осуществляли согласно утвержденному письменному протоколу и в соответствии со Стандартными операционными процедурами исследователя (СОП).

Дизайн и организация исследования направлены на решение поставленной цели и базируются на общих принципах организации исследований по проведению биологических исследований на лабораторных животных. Вновь прибывшие животные находились на карантине в течение 7 суток в клетках в отдельном помещении. Во время карантинного периода у животных контролировали клинические показатели состояния здоровья. Животных содержали в виварии согласно санитарным правилам и на стандартном рационе в соответствии с Приказом МЗ СССР № 1045–73 от 06.04.1973, Правилами лабораторной практики и При-

казом МЗ СССР № 1179 от 10.10.1983 в поликарбонатных клетках по 6 животных в каждой. В качестве подстилки использовали древесные опилки. Крыс содержали отдельно (в отдельных помещениях). Для кормления использовался сухой брикетированный корм ПК-120 ГОСТ Р 51849–2011 Р.5 (ООО «Лабораторкорм», г. Москва). Для питья использовалась водопроводная вода, которую давали *ad libitum* из стандартных поилок. Температуру (20–22 °С) и влажность (60–70%) воздуха контролировали в каждом помещении ежедневно и показания документировали. В помещениях поддерживалось естественно-искусственное освещение (12 ч свет/12 ч темнота). Подбор животных в группы проводили произвольно методом «случайных чисел», используя в качестве критерия массу тела. Индивидуальные значения массы тела не отклонялись от среднего значения в группе более чем на 10%. Животных взвешивали на весах РА2102С (ОНАУС). Масса животных указана в период введения препаратов. Каждое животное имело отчетливую метку (раствором пикриновой кислоты); на этикетке на клетке указано название опыта, его продолжительность, номер группы, количество животных, ответственное лицо. В течение 70 суток проводили наблюдение за общим состоянием и поведением животных; ежедневно регистрировали клиническое состояние животных, отмечали особенности поведения, приема корма и воды; учитывали состояние волосяного покрова, слизистых и т.д. Опытных и контрольных животных взвешивали перед введением препарата, а также еженедельно до окончания опыта. По окончании эксперимента у всех животных проводили отбор проб крови в вакуумные пробирки для *in vitro* диагностики «Improvacuter» (Guangzhou Improve Medical Instruments Co. Ltd, China). Для гематологических исследований отбирали по 0,5 мл крови в пробирки с антикоагулянтом ЭДТА, для биохимических — по 1–2 мл в пробирки с использованием тромбина в качестве активатора сгустка.

Морфологический состав крови исследовали на гематологическом анализаторе HemaScreen Vet (Hospitex Diagnostics, Italy). Биохимические показатели сыворотки крови (содержание общего белка, альбуминов, кальция, фосфора, магния, калия, глюкозы, холестерина, активность амилазы, аланинаминотрансферазы и аспаргатаминотрансферазы) определяли на биохимическом анализаторе BA-88A Mindray (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd, China), с использованием наборов реагентов производства «Hospitex Diagnostics» (Italy). Гормональный статус ис-

следуемых животных определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа, с использованием диагностических систем «ГР-ИФА» ООО «ХЕМА», на автоматическом планшетном фотометре PLATE SCREEN, «Hospitex Diagnostics» (Italy).

Статистическую обработку полученных результатов по динамике изменений гематологических и биохимических показателей сыворотки крови и показателей мочи проводили по стандартным процедурам, с помощью приложения Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp. USA) и пакета статистического анализа данных StatPlus 2009 Professional 5.8.4 for Windows (StatSoft Inc., USA), с использованием *t*-критерия Стьюдента для оценки достоверности различий между выборками для опытных и контрольных экспериментов. По результатам вычисления среднеарифметического и стандартного отклонения для данной выборки определяли стандартную ошибку среднеарифметического и границы его доверительного интервала с учетом коэффициента Стьюдента $t(n, p)$ при уровне значимости 95% ($p = 0,05$) и числе измерений. Оценку достоверности различий между средними значениями в опытных и контрольных экспериментах проводили по величине *p*-value в варианте двух-выборочного непарного *t*-теста (two-sample unpaired *t*-test) с неравными дисперсиями. Различия принимали достоверными при выполнении неравенства $P \geq 0,05$. Кроме того, в этих случаях контролировали также соблюдение неравенства $t, t(n, p)$ при $n = (df + 1)$ (где *df* — число степеней свободы), $p = 0,05$,

$$\text{где } t = \frac{|x_1 - x_2|}{(s_1^2 + s_2^2)^{1/2}},$$

где x_1 и x_2 — среднеарифметические значения, s_1 и s_2 — их стандартные ошибки для двух выборок экспериментальных данных [9].

Результаты и обсуждение

Содержание цинка, йода и селена в баранине находится в прямой зависимости от содержания этих микроэлементов в рационах, причем более значительная их локализация зафиксирована в мясе баранчиков третьей опытной группы (Табл. 3).

Таким образом, установлено, что обогащение рационов, органическими формами селена и йода в технологии выращивания мелкого рогатого скота является перспективным и актуальным и позволяет получить баранину с высокой пищевой и биологической ценностью (Рис. 1).

Таблица 3. Содержание микроэлементов в 100 г в зависимости от рациона кормления

Показатель	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная	Установленный уровень потребности в сутки*
Цинк, мкг	0,492 ± 0,11	0,806 ± 0,14	0,470 ± 0,10	0,980 ± 0,12	9,5–15,0
Селен, мкг	9,8 ± 0,23	13,4 ± 0,17	19,3 ± 0,19	53,9 ± 0,41	30,0–75,0
Йод, мкг	68,5 ± 0,26	76,40 ± 0,18	68,60 ± 0,23	77,60 ± 0,31	130,0–200,0

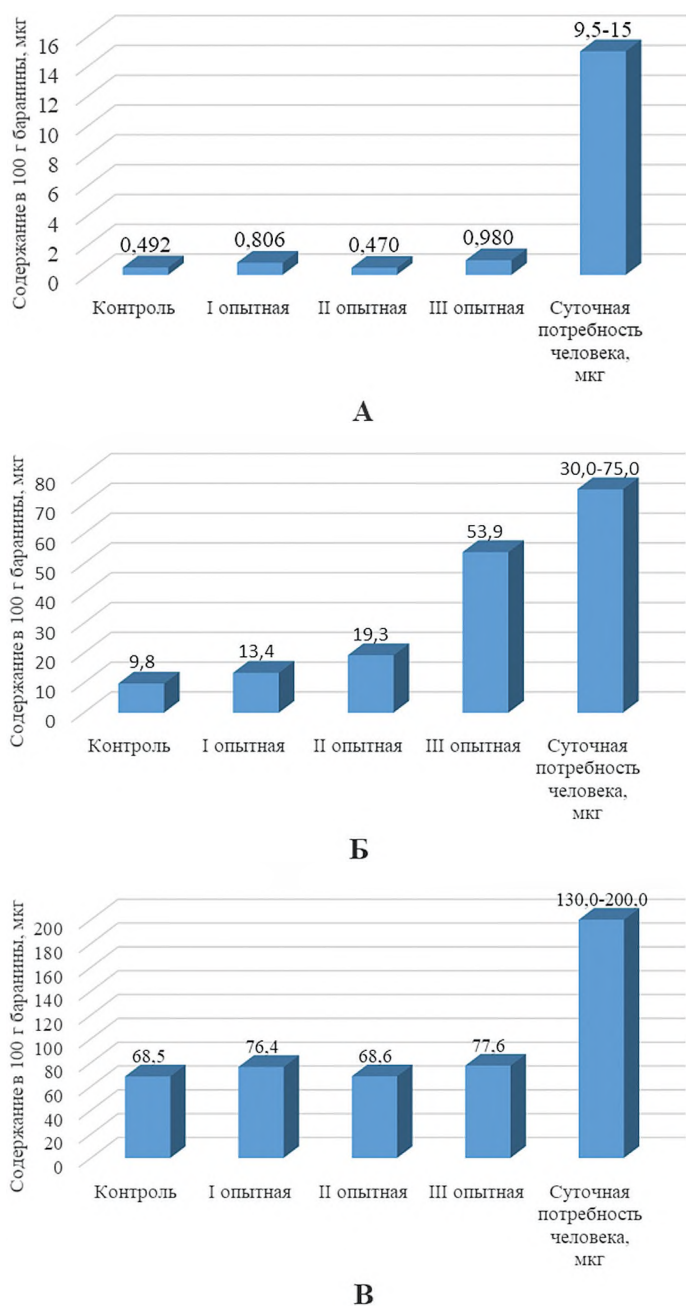


Рис. 1. Содержание в 100 г баранины в зависимости от рациона кормления: (А) цинка, (Б) селена, (В) йода

Для изучения динамики изменения концентрации микроэлементов в процессе технологической обработки при производстве продукции из баранины были выработаны снеки из *m. longissimus dorsi* баранчиков различных групп.

Установлено, что содержание йода в *m. longissimus dorsi* баранчиков I опытной группы, получавших дополнительно «Йоддар-Zn», превышало содержание в контрольной группе на 11,53 % ($P < 0,001$); содержание цинка — на 63,82 % ($P < 0,001$). Содержание селена в *m. longissimus dorsi* баранчиков II опытной группы, получавших дополнительно «ДАФС-25», было выше, чем в контрольной на 96,94 % ($P < 0,001$). Содержание селена в мышце *m. longissimus dorsi* баранчиков III опытной группы, получавших совместно «Йоддар-Zn» и «ДАФС-25», в 5,5 раз ($P < 0,001$) превышало его

содержание в контроле, а содержание йода и цинка — на 13,29 % ($P < 0,001$) и 99,19 % ($P < 0,001$). На основании более значительной локализации микроэлементов в баранине III опытной группы из сырья этой группы были изготовлены чипсы сыровяленные «Волжские» (ТУ 9213-012-00493497-2012).

Для изготовления сыровяленных чипсов «Волжские» баранину (длиннейшая мышца спины, тазобедренная часть, глазной мускул) подмораживают, нарезают на слайсере на тонкие кусочки, солят мокрым способом и сушат в климат-камере при 30 °С и относительной влажности воздуха 75–78 % до приобретения продуктом необходимых потребительских свойств. Упаковку чипсов производили на вакуумной линии типа Multvac R530 и Supervac, используя пакеты типа Cryovac TM-DLY9235. Технология позволяет хранить чипсы при температуре 12–15 °С в течение 6 месяцев в закрытой упаковке.

Анализ результатов химического состава сыровяленных чипсов, обогащенных микроэлементами, свидетельствует об их высокой пищевой ценности (Табл. 4).

Таблица 4. Физико-химические показатели чипсов «Волжские»

Наименование продукта	Наименование показателя			
	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля поваренной соли, %
Чипсы «Волжские»	48,5	11,0	38,7	1,8

Изучение динамики изменения концентрации микроэлементов в снеках показало, что в процессе технологической обработки содержание цинка в продукте снизилось на 21,3 %, йода — на 26,5 %, селена на — 16,3 % и составило 0,771 мкг/кг, 57,01 мкг/100 г и 39,72 мкг/100 г соответственно ($P < 0,001$).

В связи с тем, что сыровяленные снеки — продукт длительного хранения, было изучено влияние сроков хранения на потери микроэлементов. Установлено, что потери цинка в снеках, упакованных под вакуумом, в процессе хранения в течение 3 месяцев снизилось на 11,3 %, йода — на 14,3 %, селена — на 12,6 % от исходного и составили 6,84 мкг/кг; 34,72 мкг/100 г и 48,86 мкг/100 г соответственно (Табл. 5).

Таблица 5. Динамика содержания микроэлементов в 100 г продуктов

Показатель	В мясном сырье	После технологической обработки	После хранения в течении 3 мес
Цинк, мкг	0,980 ± 0,12	0,771 ± 0,23	0,684 ± 0,15
Селен, мкг	53,90 ± 0,41	39,72 ± 0,42	34,72 ± 0,17
Йод, мкг	77,60 ± 0,31	57,01 ± 0,22	48,86 ± 0,21

Таким образом, содержание цинка в сыровяленых снеках «Волжские» по истечению 3 месяцев хранения составило 5,7; селена — 49,6%; йода — 32,6% от суточной потребности (Рис. 2), что в данном случае для йода и селена соответствует принципам обогащения: 15–50% в усредненной суточной порции (100 г) от физиологической нормы.

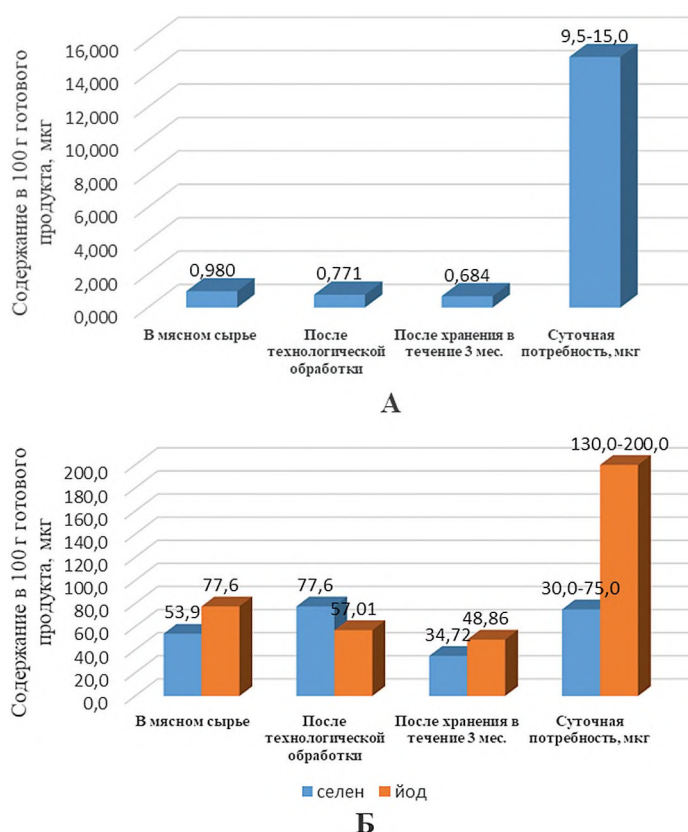


Рис. 2. Динамика содержания (А) цинка, (Б) селена и йода в 100 г готового продукта в процессе хранения

Таблица 6. Общий анализ крови лабораторных животных (n=6)

№ п/п	Показатель	Ед.изм	I опытная	II опытная	III опытная	Контроль
1	WBC	x10 ⁹ /L	7,97 ± 2,67	11,78 ± 1,38*	13,47 ± 0,80*	7,12 ± 0,73
2	LYM	x10 ⁹ /L	4,70 ± 1,96	7,92 ± 0,98*	8,60 ± 0,59*	3,72 ± 0,41
3	MID	x10 ⁹ /L	1,73 ± 0,48	2,08 ± 0,20*	2,42 ± 0,25*	1,28 ± 0,12
4	GRA	x10 ⁹ /L	1,53 ± 0,24	1,78 ± 0,24	2,45 ± 0,17	2,12 ± 0,34
5	LYM	%	55,00 ± 5,89	66,70 ± 1,01*	63,63 ± 1,85*	52,46 ± 2,81
6	MID	%	22,40 ± 2,05*	17,90 ± 0,82	17,83 ± 1,24	17,88 ± 0,76
7	GRA	%	22,60 ± 4,02	15,40 ± 0,90*	18,53 ± 1,23*	29,66 ± 2,95
8	RBC	x10 ⁹ /L	8,07 ± 0,41	7,51 ± 0,25	7,11 ± 0,29	7,18 ± 0,26
9	HGB	g/L	121,33 ± 6,98*	115,83 ± 3,15*	107,50 ± 3,31	101,20 ± 4,21
10	MCHC	g/L	295,67 ± 6,89	305,33 ± 2,94	307,50 ± 3,51	298,40 ± 2,77
11	MCH	Pg	15,03 ± 0,12	15,45 ± 0,20*	15,17 ± 0,33*	14,10 ± 0,29
12	MCV	fL	50,80 ± 1,01*	50,60 ± 1,10*	49,30 ± 0,63	47,22 ± 0,65
13	RDW-CV	%	14,53 ± 0,75	14,47 ± 0,45	14,20 ± 0,13	13,96 ± 0,21
14	RDW-SD	fL	37,00 ± 2,71	36,60 ± 1,30*	35,00 ± 0,55*	32,94 ± 0,60
15	HCT	%	41,00 ± 1,53*	37,95 ± 1,03*	35,00 ± 1,20	33,90 ± 1,18
16	PLT	x10 ⁹ /L	615,33 ± 90,29	620,17 ± 87,68	587,50 ± 30,20	519,20 ± 80,24
17	MPV	fL	6,43 ± 0,17	6,15 ± 0,13	5,92 ± 0,14	6,22 ± 0,16
18	PDW	fL	4,50 ± 0,55	5,07 ± 0,26	4,57 ± 0,20	4,84 ± 0,12
19	PCT	%	0,40 ± 0,20	0,38 ± 0,06	0,35 ± 0,02	0,32 ± 0,07
20	P-LCR	%	8,10 ± 1,01	7,10 ± 1,04	5,83 ± 1,41	7,02 ± 0,86

*P ≤ 0,05 относительно контроля

Таким образом, оптимизация кормления мелкого рогатого скота по цинку, йоду и селену путем обогащения их рационов кормовыми добавками «Йоддар-Zn» и «ДАФС-25» оказало положительное влияние не только на качество мясного сырья, но и способствовало получению обогащенной микроэлементами баранины для функционального питания. Разработанная технология сыровяленых снеков, обогащенных органическими формами цинка, селена и йода, позволит частично компенсировать дефицит этих микроэлементов в питании населения. Так, учитывая, что в среднем суточная потребность взрослого человека в цинке — 12 мкг/сут., в йоде — 150 мкг/сут., в селене — 70 мкг/сут., потребление в сутки 100 г снеков будет способствовать компенсации суточной потребности по цинку — на 5,7%; по йоду — на 32,6%; по селену — на 49,6%.

В ходе проведения эксперимента *in vivo* с целью изучения физиологического воздействия разработанного продукта на живой организм установлено, что в группах крыс, которым в состав рациона вводили продукты, обогащенные селеном, а также селеном в сочетании с йодом, общее количество лейкоцитов достоверно выше по сравнению с контрольной группой (Табл. 6). Данные изменения коррелируют прямо пропорционально с количеством лимфоцитов и средних клеток в периферической крови, что свидетельствует о повышении резистентности у животных. Наряду с этим выявлены достоверно более высокие показатели концентрации гемоглобина и, как следствие, более высокие показатели среднего содержания гемоглобина в эритроцитах, а также среднего объема эритроцитов у животных данных групп по сравнению с контролем. Данный факт указывает на стимулирующее влияние селена и йода на гемопоэти-

Таблица 7. Биохимический анализ крови лабораторных животных (n=6)

№ п/п	Показатель	Ед.изм	I опытная	II опытная	III опытная	Контроль
1	АсТ	Ед./л	101,10 ± 12,29	146,85 ± 9,91*	124,20 ± 22,49	84,10 ± 12,94
2	АлТ	Ед./л	118,20 ± 4,43*	123,72 ± 4,97*	120,40 ± 16,95*	80,10 ± 8,37
3	Белок общий	г/л	143,30 ± 29,73	132,67 ± 13,50*	106,10 ± 13,41	89,23 ± 12,67
4	Глюкоза	ммоль/л	12,20 ± 2,35*	8,79 ± 0,40*	8,40 ± 1,12*	3,52 ± 0,45
5	Амилаза	Ед./л	547,80 ± 32,72*	529,00 ± 18,68*	558,40 ± 59,83*	394,54 ± 39,03
6	Кальций	ммоль/л	2,40 ± 0,10	2,61 ± 0,22	2,7 ± 0,15	2,79 ± 0,31
7	Фосфор	ммоль/л	2,00 ± 0,32	1,72 ± 0,18	1,60 ± 0,18	2,19 ± 0,24
8	Магний	ммоль/л	1,30 ± 0,17	1,25 ± 0,06	1,30 ± 0,19	1,35 ± 0,06
9	Холестерин	ммоль/л	2,30 ± 0,06	2,24 ± 0,06*	2,50 ± 0,19*	3,82 ± 0,52
10	Калий	ммоль/л	5,40 ± 0,60*	4,64 ± 0,57	5,40 ± 0,53*	3,92 ± 0,29
11	Альбумин	г/л	9,2 ± 4,84*	19,35 ± 8,94	20,50 ± 7,41	26,9 ± 3,59
12	Липаза	Ед./л	23,1 ± 2,72	21,50 ± 1,19	34,10 ± 7,62	22,68 ± 2,35

*P ≤ 0,05 относительно контроля

Примечание: АсТ — аспаратаминотрансфераза

АлТ — аланинаминотрансфераза

Таблица 8. Гормональный скрининг лабораторных животных (n=6)

№ п/п	Показатель	Ед.изм	I опытная	II опытная	III опытная	Контроль
1	Тиреотропный гормон	МкЕД/мл	3,00 ± 0,67	2,85 ± 0,51*	2,55 ± 0,56	2,52 ± 0,29
2	Трийодтиронин	нмоль/л	1,43 ± 0,20*	1,55 ± 0,41	2,23 ± 0,56*	3,92 ± 0,50
3	Общий тироксин	нмоль/л	34,13 ± 7,16*	40,32 ± 5,12*	47,98 ± 5,48*	67,84 ± 5,93

ческую функцию костного мозга в организме опытных животных.

Кроме того, в ходе биохимических исследований крови установлены достоверно более высокие показатели активности трансаминаз (АлТ и АсТ) в опытных группах животных по сравнению с контролем (Табл. 7).

Данные изменения прямо пропорционально коррелируют с показателями общего белка, глюкозы и активности амилазы в сыворотке крови. Это указывает на повышение конверсии питательных веществ корма у подопытных животных, о чем свидетельствует также повышение сывороточного белка у животных, которым в состав рациона вводили продукты, обогащенные эссенциальными микроэлементами. Повышение конверсии питательных веществ корма привело к увеличению аминокислот, которые являются субстратом для переаминирования, что приводит к активации трансаминаз в пределах физиологических границ нормы. Аминотрансферазы отщепляют от аминокислот аминокислоты и переносят их на акцепторные молекулы с последующим образованием незаменимых и заменимых аминокислот, используемых как источник энергии. О повышении энергетического метаболизма в организме опытных групп животных можно судить по активности амилазы и концентрации глюкозы в сыворотке крови, которые у данных животных также возрастают относительно контроля. Однако данные показатели не выходят за референсные значения для данного вида животных.

В ходе исследования функциональной активности щитовидной железы установлено, что у животных опытных групп концентрация тиреотропного гормона в сыворотке крови достоверно выше, чем у крыс из контрольной (Табл. 7).

Учитывая тот факт, что тиреотропин регулирует функцию щитовидной железы, данное изменение можно расценивать как положительное влияние продуктов, обогащенных эссенциальными микроэлементами, на функциональную активность щитовидной железы и как следствие на метаболические процессы в организме животных. Данный факт подтверждается динамикой прироста живой массы подопытных и контрольных крыс (Рис. 3).

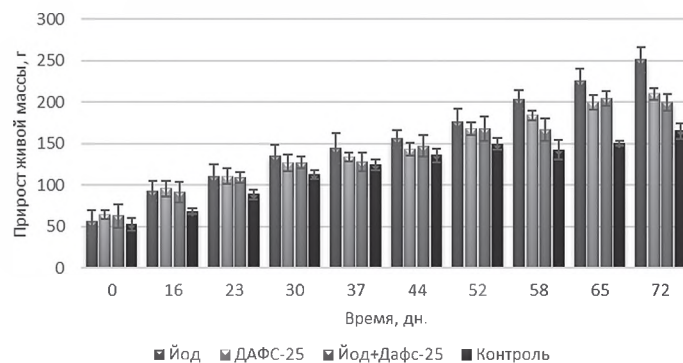


Рис. 3. Динамика живой массы подопытных крыс, г

Так в ходе эксперимента установлено, что динамика прироста живой массы крыс, в состав рациона которых входили снеки из баранины, обогащенные как йодом, так и селеном, и йодом и селеном совместно, была достоверно выше, чем в контрольной группе животных.

Выводы

Таким образом, оптимизация рационов мелкого рогатого скота по цинку, йоду и селену путем обогащения рационов кормовыми добавками «Йоддар-Зп» и «ДАФС-25» оказало положительное влияние не только на продуктивность животных, но и спо-

способствовало получению баранины для дальнейшего производства функциональных мясных продуктов. Разработана технология сыровяленых снеков из баранины, обогащенных органическими формами цинка, селена и йода. Экспериментально обосновано положительное влияние разработанных снеков из баранины, обогащенной йодом, селеном и цинком, на метаболические процессы в организме подопытных животных, что подтверждает целесообразность их использования при коррекции белкового, углеводного, жирового и минерального обменов веществ. Указанные микроэлементы, входящие в состав данного продукта, обладают высокой биодоступностью, что способствует нормализации физиологических функций организма при алиментарной недостаточности.

Introduction

Within the project «Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition of the population for the period up to 2020» one of the main tasks is to implement the set of measures aimed at creating conditions that ensure the satisfaction, in accordance with the requirements of medical science, of the needs of different groups population in healthy nutrition, taking into account their traditions, habits and economic situation [1]. Today has been developed the «Concept of development of production of functional products in the Russian Federation», providing use of progressive methods of receiving organic livestock raw materials with certain functional characteristics and structure by lifetime formation of functional and technological properties. At the same time, to ensure normal life and to increase the productivity of animals, it is necessary to create a solid food base by developing balanced diets for the complex of basic nutrients and mineral supplements for the missing macro — and microelements [2]. The problem of feed quality has a global scale and requires more attention to the management of the technological chain «feed-product-consumer» [3]. Thus, solving the problem of animal health, we ultimately solve the problem of human health and the nation as a whole [4,5].

Providing the consumer with meat products of functional orientation should be carried out through an interconnected sequence of individual links of a single trophic chain «from the field to the counter», giving the product functional properties — through the directed lifetime formation of the given characteristics of livestock raw materials used in their production [6]. This approach allows to enrich products with essential nutrients, eliminating the risk of overdose. As you know, minerals are a structural material in the formation of tissues, organs, are part of organic substances involved in the processes of respiration, hematopoiesis, digestion, absorption, synthesis, consumption and release of metabolic products from the body, are interrelated with the activities of many biologically active substances and, generally, affect the metabolism and nu-

Создание отечественных мясных продуктов, обогащенных микроэлементами актуально, обеспечит население диетическими продуктами с высокими органолептическими и функциональными свойствами. Их производство имеет важное медико-социальное значение для профилактики дефицита микроэлементов в организме, повышения иммунитета, нормализации обмена веществ и эндокринной системы. Продукты рекомендуется использовать для коррекции белкового, углеводного, жирового и минерального обменов веществ.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (Проект № 15–16–10000).

merous physiological functions of the body. Iodine, selenium and zinc have high importance in the metabolic processes of the body. In this regard, the use of organic forms of these elements as part of protein-carbohydrate complexes in the feeding of farm animals is one of the safest and most cheap methods of obtaining enriched meat and dairy raw materials [7,8].

One of the ways to produce high quality mutton, which provides a person with the necessary microelements, is the lifetime optimization of the chemical composition of meat by correcting diets by enriching them with essential nutrients [6]. Application of protein-carbohydrate complex with organic form of iodine and selenium contributes to increased digestibility and digestibility of feed, stimulation of growth and development of animals, increased nonspecific immunity, which together leads to high productivity and improve the quality of meat raw materials [7].

Therefore, the optimization of sheep diets with feed supplements containing iodine and selenium in organic form for the production of lamb enriched with trace elements for its use in the formulations of products of functional orientation is an urgent task for the realization of the food security program of the Russian Federation.

In order to optimize the chemical composition of meat in vivo for the further production of functional products from mutton, the authors set the task to study the efficiency of the use of feeds enriched with organic forms of iodine, selenium and zinc («Yoddar-Zn» and «DAFS-25») in feeding lamb.

«Yoddar-Zn» (reg. № PVR-2–10.9/02488 from 29.12.2014) as an active ingredient contains iodized cow's milk proteins, organic zinc compounds (amino acids). «DAFS-25» (TU9337–001–26880895–96) is an organic form of selenium obtained by chemical synthesis.

Objects and methods

The experiment was conducted on the basis of SPK collective farm «Romanovsky» Saratov region. The rearing of lambs was carried out by the koshary-base method. From

Table 1. Scheme of the experiment (n=10).

Group	Control	I experimental	II experimental	III experimental
feed additive	MD	main diet (MD) + «Yoddar-Zn»	main diet (MD) + «DAFS-25»	main diet (MD) + «Yoddar-Zn» + «DAFS-25»

Table 2. Scheme of the experiment (n=6)

Characteristic of groups	Control	I experimental	II experimental	III experimental
Animal condition at the beginning of the experiment	clinically healthy			
Diet of laboratory animals	main diet (MD)	main diet (MD) + snacks (I)	main diet (MD) + snacks (Se)	main diet (MD) + snacks (I-Se)
The amount of introduction	—	3-5	3-5	3-5
Mode of introduction	—	fractional 2 times a day	fractional 2 times a day	fractional 2 times a day

4.5 months of age, all animals were put on a 4 — month intensive feeding on natural pastures (the end of feeding-at 8.5 months of age). To conduct the experiment in the flock of Stavropol breed lambs at the age of 4.5 months by the method of analogues four groups of experimental animals of 10 heads each were formed. Feed supplements were added in addition to the main diet according to the instructions for use once a day along with grain feed (barley turf) in an amount of 10 % of their quantity. Dosage «Yoddar-Zn» –100 g per 1 ton of feed, «DAFS — 25» — at the rate of 1.6 mg per 1 kg of feed in the premix. The control group received to the main diet only barley turf in the amount of 250–300 grams per head in a day (MD); I experimental — barley turf + feed additive «Yoddar-Zn»; II experimental—barley turf + selenorganic drug «DAFS-25»; III experimental—barley turf + «Yoddar-Zn» + «DAFS-25» (Table. 1).

Identical methods of transportation and pre-slaughter preparation of animals were used in all experiments. At the end of the experiment (255 days) by the method of VISION1985 control slaughter of 40 experimental animals in the conditions of SEC collective farm «Romanovsky» of the Saratov region was made.

The butchering and deboning of the carcasses were sent in a refrigerated state after 24 h after slaughter. For research were selected samples of *m. longissimus dorsi* of the control and experimental groups, Packed in polyethylene-polyamide film and conducted research at the below described methods.

The mineral composition of muscle tissue of lamb and finished products was characterized by the presence and content of trace elements (Se, Zn, I). In determining the mineral composition was guided by the state Standards (GOST 26927–86, GOST 26930–86) and recommended instructions by the scientific Council on analytical methods (NCAY3, 160x, 172x, 138x, 450C). Determination of macro-and microelements was carried out by atomic absorption spectroscopy.

In order to assess the biological value and preventive effect of dried lamb snacks enriched with essential micronutrients, biological studies of the effect of functional products on metabolic processes in animals were conducted. As laboratory models were used male rats of Wistar (Wistar) weighing 50–65 g. For the experiment, was formed on the principle of analogues of the four groups of 6 animals each. The control group received the usual Vivar diet (RR); I ex-

perimental—additional dry-cured snacks of lamb enriched with iodine (I); II experimental—lamb snacks enriched with selenium (Se); III experimental — lamb snacks enriched with iodine and selenium (I-Se). The scheme of the experiment is shown in Table 2.

The studies were performed in accordance with the «Rules of laboratory practice in the Russian Federation» (Order of the Ministry of health of the Russian Federation № 708n from 23.08.2010) and guidelines with the «Guidelines for preclinical studies of drugs. Part one» (2012). Experiments on animals were performed in accordance with the rules adopted by the European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS123). Strasbourg, 1986). The studies were carried out in accordance with the approved written Protocol and in accordance with the standard operating procedures of the researcher (SOP).

The design and organization of the study are aimed at solving the goal and are based on the General principles of the organization of research on biological research on laboratory animals. The newly arrived animals were quarantined for 7 days in cages in a separate room. During the quarantine period were monitored the clinical indicators of animals health status. Animals were maintained in the vivarium according to the sanitary rules and standard diet in accordance with the Order of MH of the USSR № 1045–73 from 06.04.1973, good laboratory practice and the order of the Russian Ministry of health No. 1179 from 10.10.1983 in polycarbonate cages with 6 animals in each. Wood sawdust were used as a litter. Rats contained separately (in separate rooms). For feeding used dry briquetted fodder PK-120 GOST R51849–2011 R. 5 (Laboratorkorm, JSC, Moscow). For drinking was used tap water, which was given by *ad libitum* from standard drinkers. The temperature (20–22 °C) and humidity (60–70 %) of the air were monitored in each room daily and the indications were documented. The rooms were supported by natural and artificial lighting (12 hours of light/12 hours of darkness). Selection of animals in groups was carried out randomly by «random numbers», using body weight as a criterion. Individual values of body weight did not deviate from the average value in the group by more than 10%. Animals were weighed on the scales

PA2102C (OHAUS). The mass of the animals specified in the period of drug introduction. Each animal had a distinct mark (picric acid solution); the label on the cell indicates the name of the experiment, its duration, group number, number of animals, the person in charge. Within 70 days, the General condition and behavior of animals were monitored; the clinical condition of animals was recorded daily, behavior, feed and water intake were noted; the condition of the hair, mucous membranes and etc. were taken into account. Experimental and control animals were weighed before administration of the drug, as well as weekly until the end of the experiment. At the end of the experiment, all animals were taken blood samples in vacuum tubes for in vitro diagnostics «Improvacuter» (Guangzhou Improve Medical Instruments Co. Ltd, China). For hematological studies, 0.5 ml of blood was collected in tubes with EDTA anticoagulant, for biochemical tests — 1–2 ml in tubes using thrombin as a clot activator.

The morphological composition of blood was studied using HemaScreen Vet (Hospitex Diagnostics, Italy) Hematology analyzer. Biochemical parameters of blood serum (total protein, albumin, calcium, phosphorus, magnesium, potassium, glucose, cholesterol, amylase activity, alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase) were determined by biochemical analyzer BA-88A Mindray (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd, China) using reagents of «Hospitex Diagnostics» (Italy) production. Hormonal status of the investigated animals was determined by ELISA with the use of diagnostic systems «C-ELISA» LLC «HEMA», automatic tablet photometer PLATE SCREEN, «Hospitex Diagnostics» (Italy).

Statistical processing of the obtained results on the dynamics of changes in hematological and biochemical parameters of blood serum and urine indices was carried out according to standard procedures, using the application Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp. USA) and statistical package data analysis StatPlus 2009 Professional 5.8.4 for Windows (StatSoft Inc., USA), using student's t-test to assess the validity of differences between samples for experimental and control experiments. Based on the results of calculation of the arithmetic mean and standard deviation for this sample, the standard error of the arithmetic mean and the boundary of its confidence interval were determined taking into account the student coefficient $t(n, p)$ at the significance level of 95% ($p = 0.05$) and the number of measurements. The significance of differences between the mean values in experimental and control experiments was evaluated by p-value in the variant of two-sample unpaired t-test (two-sample unpaired t-test) with unequal variances. Differences were accepted as accurate when the following

inequality is satisfied $P \geq 0.05$. In addition, in these cases, the observance of inequality $t, t(n, p)$ at $n = (df + 1)$ (where df is the number of degrees of freedom), $p = 0.05$,

$$t = \frac{|x_1 - x_2|}{(s_1^2 + s_2^2)^{1/2}},$$

where x_1 и x_2 are arithmetic means, s_1 and s_2 are their standard errors for two samples of experimental data [9] was also monitored.

Results and discussion

The content of zinc, iodine and selenium in mutton is directly dependent on the content of these trace elements in the diet, and their more significant localization is recorded in the meat of sheep of the third experimental group (Table. 3).

Thus, it was found that the enrichment of diets, organic forms of selenium and iodine in the technology of growing small cattle is promising and relevant and allows you to get lamb with high nutritional and biological value (Fig. 1).

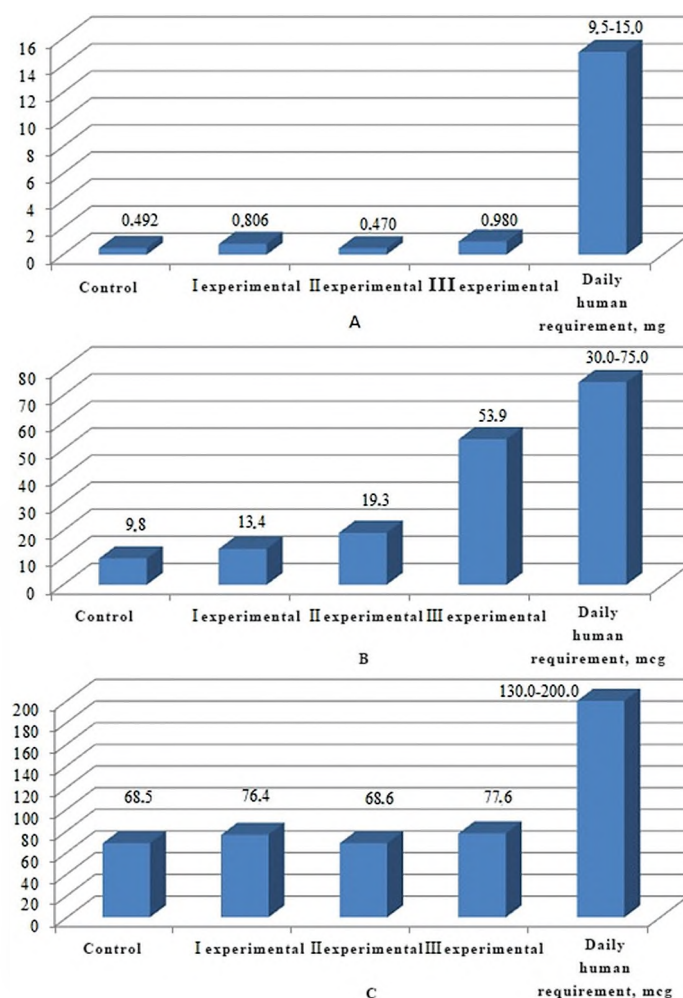


Figure 1. The content of 100 g of lamb depending on the diet: (A) zinc, (B) selenium, (C) iodine

Table 3. The content of trace elements in 100 g depending on the diet

Indicator	Control	I experimental	II experimental	III experimental	Set level of need in a day*
Zinc, mg	0.492 ± 0.11	0.806 ± 0.14	0.470 ± 0.10	0.980 ± 0.12	9.5–15.0
Selenium, mg	9.8 ± 0.23	13.4 ± 0.17	19.3 ± 0.19	53.9 ± 0.41	30.0–75.0
Iodine, mg	68.5 ± 0.26	76.40 ± 0.18	68.60 ± 0.23	77.60 ± 0.31	130.0–200.0

To study the dynamics of changes in the concentration of trace elements during of the processing in the production of lamb were developed snacks from *m. longissimus dorsi* rams of different groups.

It was found that the iodine content in *m. longissimus dorsi* of lamb of the I experimental group receiving additional «Ioddar-Zn» exceeded the content in the control group by 11.53 % (P <0.001); zinc content — by 63.82 % (P <0.001). Selenium content in *m. longissimus dorsi* of lamb of the II experimental group receiving in addition «DAFS-25» was higher, than in control by 96.94 % (P <0.001). The content of selenium in the muscle *m. longissimus dorsi* of lamb of the III experimental group receiving jointly «Yoddar-Zn» and «DAFS-25», in 5.5 times (P <0.001) exceeded its content in control, and the content of iodine and zinc — on 13.29 % (P <0.001) and 99.19 % (P <0.001). On the basis of more significant localization of trace elements in lamb III experimental group of raw materials of this group were made chips dry-cured «Volga» (TU9213-012-00493497-2012).

For the manufacture of dry-cured chips «Volga» the lamb (of the longest muscle of a back, part of the hip, eye muscle) freeze, cut on the slicer into thin slices, and salted wet method and dried in a climate chamber at 30 °C and relative humidity of 75–78% to purchase of the product necessary consumer properties. Packaging of chips was made on the vacuum line type Multivac R530 and Supervac, using packages type Cryovac TM-DLY9235. The technology allows you to store chips at a temperature of 12–15 °C for 6 months in a closed package.

Analysis of the results of the chemical composition of dry-cured chips enriched with trace elements, indicates their high nutritional value (Table. 4).

Table 4. Physico-chemical characteristics of potato chips «Volga»

Name of the product	Name of the indicator			
	Mass fraction of protein, %	Mass fraction of fat, %	Mass fraction of moisture, %	Mass fraction of table salt, %
chips «Volga»	48.5	11.0	38.7	1.8

The study of the changes dynamics in the concentration of trace elements in snacks showed that during processing the zinc content in the product decreased by 21.3 %, iodine — by 26.5 %, selenium — 16.3 % and amounted to 0.771 mg/kg, 57.01 mg/100g and 39.72 mg/100g, respectively (P <0.001).

Due to the fact that dry — cured snacks are a product of long-term storage, the effect of shelf life on the loss of trace elements was studied. It was found that zinc losses in snacks, packed by vacuum during storage for 3 months decreased by 11.3 %, iodine-by 14.3 %, selenium-by 12.6 % of the original and amounted to 6.84 mg/kg; 34.72 mg/100g and 48.86 mg/100g, respectively (Table 5).

Thus, the content of zinc in dried snacks «Volzhsky» after 3 months of storage was 5.7; selenium-49.6 %;

iodine-32.6% of the daily needs (Fig. 2) that in this case for iodine and selenium corresponds to the principles of enrichment: 15–50 % in the average daily portion (100g) of the physiological norm.

Table 5. Dynamics of trace elements content in 100 g products

Indicator	In raw meat	After processing	After storage for 3 months
Zinc, mcg	0.980 ± 0.12	0.771 ± 0.23	0.684 ± 0.15
Selenium, mcg	53.90 ± 0.41	39.72 ± 0.42	34.72 ± 0.17
Iodine, mcg	77.60 ± 0.31	57.01 ± 0.22	48.86 ± 0.21

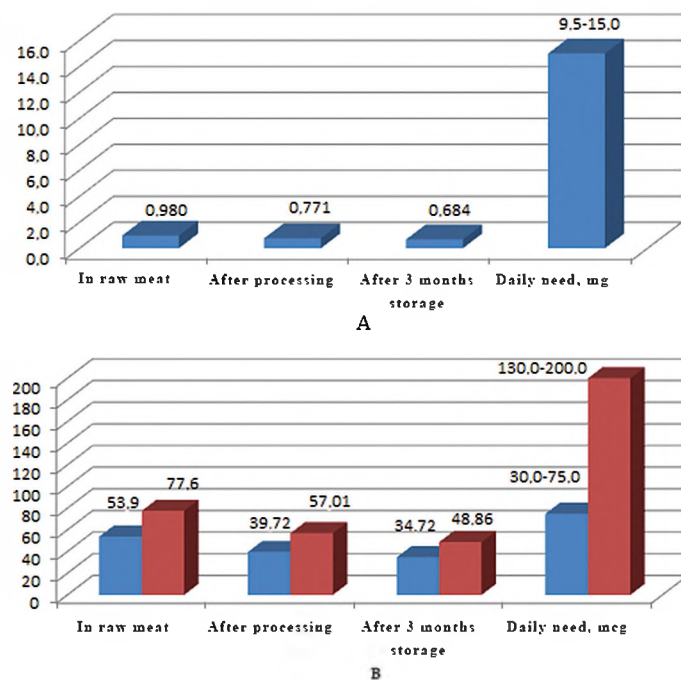


Figure 2. Dynamics of content (a) of zinc, (B) selenium and iodine in 100g of the finished product during storage

Thus, optimization of feeding of small cattle for zinc, iodine and selenium by enriching their diets with feed supplements «Yoddar-Zn» and «DAFS-25» had a positive impact not only on the quality of raw meat, but also contributed to the production of micronutrient enriched lamb for functional nutrition. The developed technology of dry-cured snacks enriched with organic forms of zinc, selenium and iodine will partially compensate for the deficit of these trace elements in the diet of the population. So, given that the average daily requirement of an adult in zinc-12 mg/day; in iodine-150 mg/day; in selenium-70 mg/day consumption of 100 g of snacks per day will contribute to the compensation of the daily requirement for zinc-by 5.7 %; iodine-by 32.6 %; selenium-by 49.6 %.

In the course of the experiment in vivo to study the physiological effects of the developed product in a living organism is established that in the groups of rats to which the composition of the diet was introduced foods fortified with selenium, and the selenium in combination with iodine, the total number of leukocytes was significantly higher compared to control group (Table 6). These changes correlate directly with the number of lymphocytes

Table 6. General blood test of laboratory animals (n=6)

Point no.	Indicator	Measure	I experimental	II experimental	III experimental	Control
1	WBC	x109/L	7.97 ± 2.67	11.78 ± 1.38*	13.47 ± 0.80*	7.12 ± 0.73
2	LYM	x109/L	4.70 ± 1.96	7.92 ± 0.98*	8.60 ± 0.59*	3.72 ± 0.41
3	MID	x109/L	1.73 ± 0.48	2.08 ± 0.20*	2.42 ± 0.25*	1.28 ± 0.12
4	GRA	x109/L	1.53 ± 0.24	1.78 ± 0.24	2.45 ± 0.17	2.12 ± 0.34
5	LYM	%	55.00 ± 5.89	66.70 ± 1.01*	63.63 ± 1.85*	52.46 ± 2.81
6	MID	%	22.40 ± 2.05*	17.90 ± 0.82	17.83 ± 1.24	17.88 ± 0.76
7	GRA	%	22.60 ± 4.02	15.40 ± 0.90*	18.53 ± 1.23*	29.66 ± 2.95
8	RBC	x109/L	8.07 ± 0.41	7.51 ± 0.25	7.11 ± 0.29	7.18 ± 0.26
9	HGB	g/L	121.33 ± 6.98*	115.83 ± 3.15*	107.50 ± 3.31	101.20 ± 4.21
10	MCHC	g/L	295.67 ± 6.89	305.33 ± 2.94	307.50 ± 3.51	298.40 ± 2.77
11	MCH	Pg	15.03 ± 0.12	15.45 ± 0.20*	15.17 ± 0.33*	14.10 ± 0.29
12	MCV	fl	50.80 ± 1.01*	50.60 ± 1.10*	49.30 ± 0.63	47.22 ± 0.65
13	RDW-CV	%	14.53 ± 0.75	14.47 ± 0.45	14.20 ± 0.13	13.96 ± 0.21
14	RDW-SD	fl	37.00 ± 2.71	36.60 ± 1.30*	35.00 ± 0.55*	32.94 ± 0.60
15	HCT	%	41.00 ± 1.53*	37.95 ± 1.03*	35.00 ± 1.20	33.90 ± 1.18
16	PLT	x109/L	615.33 ± 90.29	620.17 ± 87.68	587.50 ± 30.20	519.20 ± 80.24
17	MPV	fl	6.43 ± 0.17	6.15 ± 0.13	5.92 ± 0.14	6.22 ± 0.16
18	PDW	fl	4.50 ± 0.55	5.07 ± 0.26	4.57 ± 0.20	4.84 ± 0.12
19	PCT	%	0.40 ± 0.20	0.38 ± 0.06	0.35 ± 0.02	0.32 ± 0.07
20	P-LCR	%	8.10 ± 1.01	7.10 ± 1.04	5.83 ± 1.41	7.02 ± 0.86

*P ≤ 0.05 relative to control

and medium cells in peripheral blood, which indicates an increase in resistance in animals. Along with this, significantly higher hemoglobin concentrations and, as a consequence, higher rates of average hemoglobin content in erythrocytes, as well as the average volume of red blood cells in animals of these groups compared with the control were revealed. This fact indicates the stimulating effect of selenium and iodine on the hematopoietic function of the bone marrow in the body of experimental animals.

In addition, biochemical blood tests revealed significantly higher transaminase activity (Alt and AST) in the experimental groups of animals compared to the control (Table 7).

These changes are directly proportional to the total protein, glucose and amylase activity in the blood serum. This

indicates an increase in the conversion of feed nutrients in experimental animals, as evidenced by the increase in serum protein in animals, which were introduced into the diet products enriched with essential trace elements. Increased conversion of feed nutrients has led to an increase in amino acids, which are a substrate for transamination, which leads to the activation of transaminases within the physiological boundaries of the norm. Aminotransferase is cleaved from the amino group of amino acids and transfer them to acceptor molecules with the subsequent formation of irreplaceable and replaceable amino acids used as energy source. The increase in energy metabolism in the body of experimental groups of animals can be judged by the activity of amylase and serum glucose concentration, which in these animals also increase relative to control. However,

Table 7. Biochemical blood analysis of laboratory animals (n=6)

Point no.	Indicator	Measure	I experimental	II experimental	III experimental	Control
1	AsT	U/l	101.10 ± 12.29	146.85 ± 9.91*	124.20 ± 22.49	84.10 ± 12.94
2	AIT	U/l	118.20 ± 4.43*	123.72 ± 4.97*	120.40 ± 16.95*	80.10 ± 8.37
3	Common protein	g/l	143.30 ± 29.73	132.67 ± 13.50*	106.10 ± 13.41	89.23 ± 12.67
4	Glucose	mmol/l	12.20 ± 2.35*	8.79 ± 0.40*	8.40 ± 1.12*	3.52 ± 0.45
5	Amylase	U/l	547.80 ± 32.72*	529.00 ± 18.68*	558.40 ± 59.83*	394.54 ± 39.03
6	Calcium	mmol/l	2.40 ± 0.10	2.61 ± 0.22	2.7 ± 0.15	2.79 ± 0.31
7	Phosphorus	mmol/l	2.00 ± 0.32	1.72 ± 0.18	1.60 ± 0.18	2.19 ± 0.24
8	Magnesium	mmol/l	1.30 ± 0.17	1.25 ± 0.06	1.30 ± 0.19	1.35 ± 0.06
9	Cholesterol	mmol/l	2.30 ± 0.06	2.24 ± 0.06*	2.50 ± 0.19*	3.82 ± 0.52
10	Potassium	mmol/l	5.40 ± 0.60*	4.64 ± 0.57	5.40 ± 0.53*	3.92 ± 0.29
11	Albumin	g/l	9.2 ± 4.84*	19.35 ± 8.94	20.50 ± 7.41	26.9 ± 3.59
12	Lipase	U/l	23.1 ± 2.72	21.50 ± 1.19	34.10 ± 7.62	22.68 ± 2.35

*P ≤ 0.05 relative to control

Note: AsT — aspartate aminotransferase

AIT — alanine aminotransferase

Table 8. Hormonal screening of laboratory animals (n=6)

Point no.	Indicator	Measure	I experimental	II experimental	III experimental	Control
1	Thyroid stimulating hormone	uIU/ml	3.00 ± 0.67	2.85 ± 0.51*	2.55 ± 0.56	2.52 ± 0.29
2	Triiodothyronine	nmol/l	1.43 ± 0.20*	1.55 ± 0.41	2.23 ± 0.56*	3.92 ± 0.50
3	Comon thyroxine	nmol/l	34.13 ± 7.16*	40.32 ± 5.12*	47.98 ± 5.48*	67.84 ± 5.93

*P ≤ 0.05 relative to control

these indicators do not exceed the reference values for this animal species.

During the study of the functional activity of the thyroid gland, it was found that in animals of the experimental groups the concentration of thyroid stimulating hormone in the blood serum was significantly higher than in rats from the control group (Table 7).

Given the fact that thyrotropin regulates the function of the thyroid gland, this change can be regarded as a positive effect of products enriched with essential trace elements on the functional activity of the thyroid gland and as a consequence on the metabolic processes in animals. This fact is confirmed by the dynamics of live weight gain in experimental and control rats (Fig. 3).

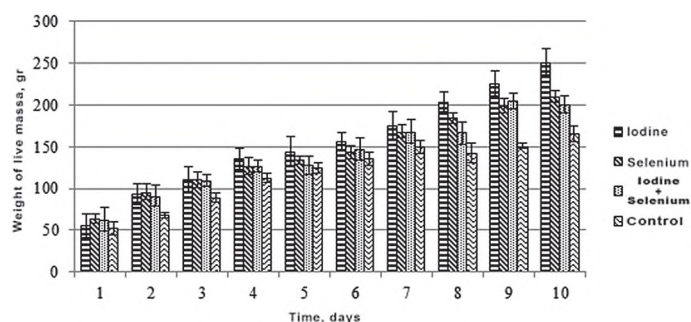


Figure 3. Dynamics of live weight of experimental rats, g

So in the course of the experiment it was found that the dynamics of live weight gain in rats, the diet of which included snacks from mutton, enriched with both iodine and selenium, and iodine and selenium together, was significantly higher than in the control group of animals.

Conclusion

Thus, optimization of diets of small cattle for zinc, iodine and selenium by enriching diets with feed supplements «Yoddar-Zn» and «DAFS-25» had a positive impact not only on the productivity of animals, but also contributed to the production of lamb for further production of functional meat products. The technology of dry-cured snacks from mutton enriched with organic forms of zinc, selenium and iodine is developed. The positive effect of the developed snacks from lamb enriched with iodine, selenium and zinc on metabolic processes in the body of experimental animals is experimentally proved, which confirms the feasibility of their use in the correction of protein, carbohydrate, fat and mineral metabolism. These trace elements, which are part of this product, have high bioavailability, which contributes to the normalization of physiological functions of the body in alimentary insufficiency. The creation of domestic meat products enriched with trace elements is important to provide the population with dietary products with high organoleptic and functional properties. Their production is of great medical and social importance for the prevention of micronutrient deficiencies in the body, improve immunity, normalization of metabolism and endocrine system. The products are recommended for correction of protein, carbohydrate, fat and mineral metabolism.

Acknowledgment

The work was supported by the Russian Science Foundation (The scientific project № 15-16-10000).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проект «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года». [Электронный ресурс: <https://rg.ru/2010/11/03/pravila-dok.html> Дата обращения 11.07.2018 г.]
2. Калашников, А.П., Фисинин, В.И., Щеглов, В.В., Клейменов, Н.И. (2003). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочник. 3-е издание переработанное и дополненное. М, Россельхозакадемия. — 456 с.
3. Горлов, И.Ф. (2009). Разработка и широкая реализация современных технологий производства, переработки и создания отечественной конкурентоспособности продукции животноводства. Волгоград, Волгоградское научное издательство. — 121 с.
4. Горлов, И.Ф. (2005). Новое в производстве пищевых продуктов повышенной биологической ценности. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 57–58.
5. Bellk, S.N., Gorlov, I.F., Slozhenkina, M.I., Zlobina, E.Y., Pavlenko, A.S. (2015). Morpho-functional state of the liver of the rats fed the rations with meat of the pigs grown with antimicrobials. *Pakistan Veterinary Journal*, 35(3), 325–328.
6. Горлов, И.Ф. (2010). Создание системных технологий производства продукции животноводства. *Вестник мясного скотоводства*, 1(63), 9–15.
7. Гиро, Т.М., Горлов, И.Ф., Шарова, М.В., Ранделин, Д.А. (2012). Инновационные подходы к обогащению мясного сырья органическим йодом. *Fleischwirtschaft Russia*, 1, 66–68.
8. Gorlov, I.F., Mosolova, N.I., Zlobina, E.Yu., Korotkova, A.A., Prom, N.A. (2014). Use of new supplement feeds based on organic iodine in rations of lactating cows. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 14(5), 401–406.
9. Johnson, R.A., Bhattacharyya, G.K. (2010). *Statistics. Principles and methods*, 6th ed. USA: John Wiley & Sons, Inc. — 706. ISBN-13 978-0-470-40927-5

REFERENCES

1. Fundamentals of state policy of the Russian Federation on the healthy nutrition of the population for the period till 2020. [Electronic resource: <https://rg.ru/2010/11/03/pravila-dok.html> Access date 11.07.2018] (in Russian)
2. Kalashnikov, A.P., Fisinin, V.I., Shcheglov, V.V., Kleimenov, N.I. (2003). Standards and feeding rations of farm animals. Reference manual. 3rd edition, revised and enlarged. M: Rosselkhozakademiya. — 456 p. (in Russian)
3. Gorlov, I.F. (2009). Development and broad implementation of modern production technologies, processing, and creation of domestic livestock production competitiveness: monograph. Volgograd: Volgogradskoe nauchnoe izdatel'stvo. — 120 p. (in Russian)
4. Gorlov, I.F. (2005). New research in production of food with increased bioavailability. *Storage and processing of farm materials*, 3, 57–58. (in Russian)
5. Belik, S.N., Gorlov, I.F., Slozhenkina, M.I., Zlobina, E.Y., Pavlenko, A.S. (2015). Morpho-functional state of the liver of the rats fed the rations with meat of the pigs grown with antimicrobials. *Pakistan Veterinary Journal*, 35(3), 325–328.
6. Gorlov, I.F. (2010). The formation of system technologies in animal husbandry production. *Herald of beef cattle breeding*, 1(63), 9–15. (in Russian)
7. Giro, T.M., Gorlov, I.F., Sharova, M.V., Randelin, D.A. (2012). Innovative approaches to the enrichment of raw meat with organic iodine. *Fleischwirtschaft Russia*, 1, 66–68. (in Russian)
8. Gorlov, I.F., Mosolova, N.I., Zlobina, E.Yu., Korotkova, A.A., Prom, N.A. (2014). Use of new supplement feeds based on organic iodine in rations of lactating cows. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 14(5), 401–406.
9. Johnson, R.A., Bhattacharyya, G.K. (2010). *Statistics. Principles and methods*, 6th ed. USA: John Wiley & Sons, Inc. — 706. ISBN-13 978-0-470-40927-5

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ:

WBC (white blood cells — белые кровяные тельца) — лейкоциты в абсолютных числах
 RBC (red blood cells — красные кровяные тельца) — эритроциты в абсолютных числах
 HGB (Hb, hemoglobin) — гемоглобин, концентрация в цельной крови
 HCT (hematocrit) — гематокрит
 PLT (platelets — кровяные пластинки) — тромбоциты в абсолютных числах
 MCV — средний объем эритроцита
 MCH — среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците
 MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците
 MPV (mean platelet volume) — средний объем тромбоцитов
 PDW — относительная ширина распределения тромбоцитов по объёму

PCT (platelet crit) — тромбокрит
 LYM% (LY%) (lymphocyte) — относительное содержание лимфоцитов.
 LYM# (LY#) (lymphocyte) — абсолютное содержание лимфоцитов.
 MID% — относительное содержание смеси моноцитов, базофилов и эозинофилов.
 MID# — абсолютное содержание смеси моноцитов, базофилов и эозинофилов.
 GRA% — относительное (%) содержание гранулоцитов.
 GRA# — абсолютное содержание гранулоцитов.
 RDW-SD — относительная ширина распределения эритроцитов по объёму.
 RDW-CV — относительная ширина распределения эритроцитов по объёму.
 P-LCR — коэффициент больших тромбоцитов.

DESIGNATIONS AND ABBREVIATIONS:

WBC (white blood cells) — leukocytes in absolute numbers
 RBC (red blood cells) — erythrocytes in absolute numbers
 HGB (Hb, hemoglobin) — hemoglobin concentration in whole blood
 HCT — hematocrit
 PLT (platelets) — platelets in absolute numbers
 MCV — mean erythrocyte volume
 MCH — mean amount of hemoglobin in individual erythrocyte
 MCHC — mean concentration of hemoglobin in erythrocyte
 MPV — mean platelet volume
 PDW — relative width of the platelets volume distribution
 PCT — platelet crit

LYM% (LY%) (lymphocyte) — relative content of lymphocytes
 LYM# (LY#) (lymphocyte) — absolute content of lymphocytes
 MID% — relative content of the mixture of monocytes, basophils and eosinophils
 MID# — absolute content of the mixture of monocytes, basophils and eosinophils
 GRA% — relative (%) content of granulocytes
 GRA# — absolute content of granulocytes
 RDW-SD — relative width of the erythrocyte volume distribution
 RDW-CV — relative width of the erythrocyte volume distribution
 P-LCR — ratio of large platelets

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Гиро Татьяна Михайловна — доктор технических наук, профессор кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», Саратовский Государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335
Тел.: +7-960-342-30-16
E-mail: girotm@sgau.ru
*автор для переписки

Горлов Иван Федорович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Научный руководитель, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6
Тел.: +7-8442-39-10-48
E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна — доктор биологических наук, профессор, директор, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6
Тел.: +7-8442-39-10-48
E-mail: niimmp@mail.ru

Козлов Сергей Васильевич — кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры «Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза», Саратовский Государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335
Тел.: +7-917-214-19-38
E-mail: Kozlovsv12@yandex.ru

Тасмуханов Ногман Васильевич — аспирант, кафедра «Технология производства и переработки продукции животноводства», Саратовский Государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335
Тел.: +7-927-057-90-00
E-mail: tnogman@mail.ru

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 23.07.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Tatiana M. Giro — doctor of technical sciences, professor of the department «Technology of production and processing of livestock products», Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
410005, Saratov, Sokolovaya str., 335
Tel.: +7-960-342-30-16
E-mail: girotm@sgau.ru
*corresponding author

Ivan F. Gorlov — doctor of agricultural sciences, professor, academician of RAS, Scientific supervisor, Povolzhskiy Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products
400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6
Tel.: +7-8442-39-10-48
E-mail: niimmp@mail.ru

Marina I. Slozhenkina — doctor of biological sciences, professor, Director, Povolzhskiy Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products
400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6
Tel.: +7-8442-39-10-48
E-mail: niimmp@mail.ru

Sergey V. Kozlov — candidate of veterinary sciences, docent, docent of the department Diseases of animals and veterinary and sanitary examination, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
410005, Saratov, Sokolovaya str., 335
Tel.: +7-917-214-19-38
E-mail: Kozlovsv12@yandex.ru

Nogman V. Tasmuchanov — graduate student of the department «Technology of production and processing of livestock products», Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
410005, Saratov, Sokolovaya str., 335
Tel.: +7-927-057-90-00
E-mail: tnogman@mail.ru

Contribution

Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 23.07.2018