

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-3-386-392>

Поступила 01.04.2025

Поступила после рецензирования 03.09.2025

Принята в печать 08.09.2025

© Лукин Д. Е., Вострикова Н. Л., Большакова Л. С., Куликовский А. В.,
Утьянов Д. А., Захарова В. А., 2025<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ПРИМЕНЕНИЕ СИАЙ-КОМПОНЕНТА ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ТОВАРНОГО ЯЙЦА ЙОДОМ

Лукин Д. Е.¹, Вострикова Н. Л.¹, Большакова Л. С.², Куликовский А. В.¹, Утьянов Д. А.^{1*}, Захарова В. А.¹¹Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Россия²Среднерусский институт управления — филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации, Орел, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

СИАЙ-компонент,
йодированный
молочный белок,
йод, йодитиозины,
обогащенное яйцо

В составе йодированных молочных белков, содержащих йодитиозины, есть ковалентно связанный с атомом углерода йод. Авторы предложили для него термин «СИАЙ», обозначающий перспективный источник безопасного «органического» йода в кормах для сельскохозяйственной птицы. Цель использования этого компонента — получение функционального продукта, обогащенного связанным йодом, а именно — товарного яйца. В работе представлены исследования влияния связанного йода (СИАЙ-компонент), включенного в корм кур-несушек, на содержание в яйцах общего йода, йодитиозинов, а также на баланс поступления и накопления йода в яйцах. Опыт проводился в течение 8 недель на курах-несушках кросса Lohman-lsl-classic. Птица контрольной группы на протяжении всего эксперимента получала комбикорм, содержащий йод в форме йодата кальция из расчета 1 мг/кг корма. Курам опытной группы дополнительно к основному рациону вводился СИАЙ-компонент. С 1 по 28 день количество йода, добавляемого в корм птицы опытной группы в составе йодированных молочных белков (ЙМБ), составляло 0,5 мг/кг корма, а с 29 по 56 день — 0,7 мг/кг корма. В желтке и белке яйца определяли содержание общего йода методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, количество моно- и диодитиозинов — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Установлено, что включение в рацион кур-несушек ЙМБ, содержащих СИАЙ-компонент, позволяет получить яйца с высоким содержанием (50–74 мкг/в яйце) йода, что значительно превышает значения контроля (14,99 мкг в яйце). Йод в яйце находится по большей части (75 %) в связанной, «органической» форме в виде моно- и диодитиозинов. Степень усвоения йода при поступлении его в организм птицы в виде йодитиозинов составляет 25–32 %, что значительно превышает данный показатель при использовании неорганической формы йода (11 %). Отмечено отсутствие побочных эффектов для птицы и улучшение ее здоровья, в первую очередь репродуктивной системы. Эксперимент с поением кур-несушек водой, обогащенной моно- и диодитиозинами, также показал положительный эффект в накоплении йода в яйцах. Эксперимент по оценке сохранности моно- и диодитиозинов в яйцах после термической обработки подтвердил их высокую устойчивость к воздействию высоких температур. Степень сохранности составила 91 %.

Received 01.04.2025

Accepted in revised 03.09.2025

Accepted for publication 08.09.2025

© Lukin D. E., Vostrikova N. L., Bolshakova L. S., Kulikovskii A. V.,
Utyanov D. A., Zakharova V. A., 2025Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

APPLICATION OF THE CI COMPONENT TO ENRICH MARKETABLE EGGS WITH IODINE

Dmitry E. Lukin¹, Natalia L. Vostrikova¹, Larisa S. Bolshakova²,
Andrey V. Kulikovskii¹, Dmitry A. Utyanov^{1*}, Varvara A. Zakharova¹¹ V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia² Central Russian Institute of Management — branch Russian Presidential Academy of National Economy
and Public Administration, Orel, Russia

KEY WORDS:

CI component, iodized
milk protein, iodine,
iodotyrosines, enriched
egg

ABSTRACT

The composition of iodized milk proteins containing iodotyrosines has iodine covalently bonded to the carbon atom. The authors proposed a term “CI” for it, which denotes a promising source of safe “organic” iodine in feedstuff for poultry. The aim of using this component is production of a functional product enriched with bonded iodine, namely, marketable eggs. The paper presents investigations of an effect of bonded iodine (CI component) included in the feedstuff for laying hens on the content of total iodine and iodotyrosines in eggs as well as on the balance of intake and accumulation of iodine in eggs. The experiment was carried out for eight weeks on laying hens of Lohman-lsl-classic cross. Birds of the control group received combined feed containing iodine in the form of calcium iodate on the basis of 1 mg/kg feed during the whole experiment. The hens of the experimental group received the CI component in addition to the basic diet. From the 1st to the 28th day, an amount of iodine added to the feedstuff of the birds of the experimental group in the composition of iodized milk proteins (IMP) was 0.5 mg/kg feed, and from the 29th to the 56th day it was 0.7 mg/kg feed. The content of total iodine was determined in egg yolk and white by inductively coupled plasma mass spectrometry, amounts of mono- and di-iodotyrosines by high-performance liquid chromatography with mass spectrometry detection. It has been found that inclusion of IMP containing the CI component into the diet of laying hens allows obtaining eggs with a high content (50–74 µg/egg) of iodine, which was significantly higher than the values in the control (14.99 µg/egg). Iodine in eggs was mainly (75 %) in bonded, “organic” form as mono- and di-iodotyrosines. A level of iodine assimilation upon its entry into the bird’s body in a form of iodotyrosines was 25–32 %, which is significantly higher than this indicator when the inorganic iodine form was used (11 %). An absence of side

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лукин, Д. Е., Вострикова, Н. Л., Большакова, Л. С., Куликовский, А. В., Утьянов, Д. А., Захарова, В. А. (2025). Применение сий-компонента для обогащения товарного яйца йодом. *Пищевые системы*, 8(3), 386–392. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-3-386-392>

FOR CITATION: Lukin, D. E., Vostrikova, N. L., Bolshakova, L. S., Kulikovskii, A. V., Utyanov D. A., Zakharova, V. A. (2025). Application of the CI component to enrich marketable eggs with iodine. *Food Systems*, 8(3), 386–392. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-3-386-392>

effects for birds and improvement of their health, first of all, the reproduction system was noticed. The experiment on laying hen watering using water enriched with mono- and di-iodotyrosines also showed a positive effect in terms of accumulation of iodine in eggs. The experiment on assessment of preservation of mono- and di-iodotyrosines in eggs after heat treatment supported their high stability to an effect of high temperatures. A degree of preservation was 91 %.

1. Введение

Актуальнейшей задачей для мирового сообщества, обозначенной такими институтами, как ООН, ВОЗ и ЮНЕСКО, является ликвидация дефицита йода в питании человека и животных. Йодная недостаточность лежит в основе более чем 300 заболеваний. При этом число людей, страдающих от дефицита йода или находящихся в зоне риска, ежегодно растет и, по оценкам ВОЗ, приближается к 3 миллиардам. В России фактически все население сталкивается с нехваткой этого важнейшего микроэлемента.

Адекватный уровень потребления биодоступного йода при отсутствии побочных эффектов является важнейшим условием сохранения здоровья человека. Йод играет ключевую роль в обеспечении здоровья будущих поколений, в нормальном развитии плода, влияет на здоровье матери и на когнитивные способности. Нехватка природных, так называемых «органических» соединений йода в продуктах питания приводит к развитию йододефицитных заболеваний, имеющих серьезные медико-социальные последствия, что обуславливает необходимость реализации мер по их профилактике [1,2].

Поскольку одним из основных физиологических источников поступления йода для человека являются продукты питания животного происхождения, во многих странах коррекция содержания йода в пище осуществляется путем производства обогащенных продуктов питания (яиц, молока, мяса) посредством интенсивного внесения неорганических форм йода в рацион кормления животных, что негативно отражается на самих животных [3].

В последнее время (особенно в странах с развивающейся экономикой) спрос на массовые продукты потребления, такие как, например, куриные яйца, возрастает с каждым годом. Отменяются рекомендации по сокращению их потребления из-за значительного содержания насыщенных жиров (3 г/100 г) и холестерина (200–300 мг/100 г). Рост производства товарного яйца связан не только с увеличением его потребления населением, но и с расширением использования его компонентов в пищевой и других отраслях промышленности. Товарное яйцо как пищевой продукт для массового потребления отличается простотой производства, логистики и хранения. Оно является природным источником для обогащения рациона человека базовыми эссенциальными микроэлементами, например, йодом, методом *in vivo*.

Обогащение пищевых яиц йодом — перспективное направление в практике птицеводства [4,5]. Йодированные яйца кур широко представлены в торговой сети в качестве самостоятельного бренда. Заявляемое производителями содержание йода в яйцах колеблется в достаточно широких пределах и составляет от 15 до 50 мкг/яйцо. Это является номинальной оценкой, поскольку все расчеты для потребителя представлены на 100 г продукта, что затрудняет перерасчет на каждое яйцо. Реальное содержание йода в отдельно взятом яйце может быть ниже заявленного на 10–60% [4]. Это обусловлено прежде всего технологическими особенностями их производства, а также токсичностью предлагаемых форм йода, что несовместимо при длительном их применении и получении стабильного конечного продукта.

Для получения достаточного количества йода в яйце необходимо увеличить содержание элемента в корме птицы. Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов (EFSA) установило максимальный уровень содержания йода в кормах для кур-несушек — 3 мг/кг сухого вещества корма [6]. В рационе сельскохозяйственной птицы в качестве источника йода чаще всего применяют минеральные соли (преимущественно йодиды и йодаты). Основная проблема в йодировании яиц с использованием неорганических форм йода заключается в невозможности поддерживать стабильное содержание йода в яйце. Кроме того, 3–5-кратное превышение содержания йода в корме по сравнению с физиологической нормой отрицательно влияет на здоровье и сохранность кур-несушек и приводит к деформации яиц.

Таким образом, обогащение товарного яйца органическими формами йода путем включения их в рацион кур-несушек представляется перспективным направлением для научных исследований. Этот подход позволяет одновременно решать две задачи: обеспечивать сельскохозяйственную птицу органическим йодом, что положительно сказывается на её здоровье, и накапливать органический йод

в товарном яйце. В результате йод становится более доступным для конечного потребителя. Один из вариантов обогащения рациона кур-несушек органическими формами йода — использование йодированных молочных белков, в которых йод связан с углеродом ковалентной связью (далее — СиАй-компонент). В частности, в настоящей работе исследовалось накопление СиАй-компонента в форме моно- и дийодтирозина.

В работах, посвященных обогащению товарного яйца СиАй-компонентом через кур-несушек, очень важным вопросом является метаболизм и аккумуляция йода в яйце. Накопление органического йода в яйцах кур — сложный физиологический процесс, который зависит от метаболизма йода в организме птицы, от его транспорта и от включения в структуры яйца. Основные этапы этого процесса:

1. Поглощение и всасывание йода в ЖКТ. Органические формы йода (например, йодированные аминокислоты, йодсодержащие дрожжи, экстракты водорослей) расщепляются в кишечнике под действием ферментов [7,8]. Йод, связанный с аминокислотами (например, 3,5-дийодтирозин), может всасываться через аминокислотные транспортные системы. Йод из органических источников (например, ламинарии) высвобождается в виде йодида (I^-) или йодата (IO_3^-) после ферментативного гидролиза.

Биодоступность органического йода часто выше, чем неорганического (например, KI, KIO_3), так как органические соединения защищены от окисления и лучше усваиваются.

2. Транспорт йода в организме. В крови йод связывается с альбуминами и транспортируется к тканям. Щитовидная железа активно захватывает йод для синтеза гормонов (тироксина T4 и трийодтиронина T3), но при избытке йода в рационе у птицы его основная часть выводится через почки и накапливается в яйцах.

3. Депонирование йода в яйце. Йод накапливается преимущественно в желтке, реже — в белке. В желтке йод включается в состав вителлогенина — предшественника желточных белков, синтезируемого в печени под влиянием эстрогенов [9].

Вителлогенин связывается с йодом и транспортируется в яичник, где преобразуется в липовителлин и фосвитин — основные компоненты желтка. Органический йод может напрямую включаться в структуру фосфолипидов или йодсодержащих аминокислот желтка.

В белке небольшая часть йода связывается с овальбумином и другими протеинами яичного белка, но его концентрация здесь обычно ниже, чем в желтке [10].

4. Факторы, влияющие на накопление.

- Форма йода: органические соединения (например, йодсодержащие дрожжи) часто обеспечивают более стабильное и длительное депонирование йода в яйце по сравнению с неорганическими солями.

- Дозировка: оптимальная доза в корме — 2–5 мг йода/кг. Избыток (> 10 мг/кг) может подавлять яйценоскость и вызывать токсикоз. Длительность кормления: накопление йода в яйцах достигает плато через 2–3 недели регулярного потребления обогащенного корма.

- Физиология кур: уровень эстрогенов влияет на синтез вителлогенина, а состояние печени и почек — ключевых органов детоксикации — также оказывает влияние на накопление йода в яйцах [11].

5. Пример физиологического пути: Корм → Органический йод (например, йодказеин) → Расщепление в кишечнике → Всасывание как йодид (I^-). Кровь → Транспорт к печени → Включение в вителлогенин. Печень → Секретция вителлогенина в кровь → Поглощение яичником. Яичник → Накопление йода в развивающемся желтке → Формирование яйца [12].

Так, исследования Wright и соавторов [13] показывают, что органический йод увеличивает концентрацию йода в желтке на 20–40% по сравнению с неорганическими аналогами. Биодоступность органического йода выше, так как он меньше взаимодействует с антагонистами (например, гойтрогенами в корме).

Эффективность внесения йода в корм кур-несушек наглядно продемонстрирована в работе [14], в которой исследовали накопление железа и йода в яйцах при внесении этих элементов в рацион. В исследовании показано, что добавление йода в рацион птицы приводит к накоплению йода в желтке и скорлупе. Однако авторы

отмечают, что в процессе накопления йода в яйцах важную роль играет также железо, при этом само железо не накапливается в яйцах в течение эксперимента, в то время как количество йода в яйцах увеличивается с течением эксперимента.

Технология СиАй обогащения, использованная при выполнении настоящей работы, предусматривает универсальный способ внесения обогащающего компонента СиАй на любом этапе откорма. Данная форма сохраняет свои свойства при различных технологических процессах обработки, не влияет на химические реакции в кормах и на биохимические процессы в организме животного, благодаря чему доходит до человеческого организма в целостном виде.

Целью настоящего эксперимента являлось изучение влияния йодированного молочного белка, включенного в корм кур-несушек, на содержание в яйцах йода в ковалентно связанной стабильной форме йода. В рамках поставленной цели определялось содержание общего йода и йодтирозинов в яйцах, а также рассчитывался баланс поступления и накопления связанного йода в яйцах и его сохранность при термической обработке.

2. Объекты и методы

Объектом исследования являлся йодированный молочный белок (ЙМБ) производства ООО «Биокинетикс», Россия. Способ получения ЙМБ запатентован и применяется как на отечественном рынке, так и за рубежом. Для его производства используются сывороточные белки коровьего молока. Под воздействием ферментов йод встраивается в молекулу тирозина, образуя моноидотирозин (МИТ) и дийодтирозин (ДИТ). Общего йода в ЙМБ содержится 2 %, ДИТ — 0,64 %, МИТ — 1,32 %. Также исследуется технология обогащения товарного яйца ковалентно связанным йодом, компонентом СиАй и ее применение в производстве функциональных яиц. Данная технология также запатентована¹.

Опыт по внесению в сухой корм связанного йода был проведен на базе ЗАО «Агрокомплекс «Оредеж»». Для исследования были взяты куры-несушки кросса ЛОМАНН ЛСЛ-КЛАССИК (Lohman-lsl-classic) в возрасте 240 дней, длительность опыта составила 8 недель. Птица содержалась в клеточных батареях, получала комбикорм, сбалансированный по основным питательным веществам. Среднее потребление корма одной курицей-несушкой составляло 135 г в сутки.

Птица контрольной группы на протяжении всего эксперимента получала комбикорм, содержащий йод в форме йодата кальция из расчета 1 мг йода на 1 кг корма. Курам опытной группы дополнительно к основному рациону вводился ЙМБ. В первый период (с 1 по 28 день) количество йода, добавляемого в корм птицы опытной группы в составе ЙМБ, составляло 0,5 мг/кг корма, а во второй период (с 29 по 56 день) — 0,7 мг/кг корма.

Яйца для анализа отбирались 1–2 раза в неделю по 20 штук в ходе всего опыта.

Количество усвоенного йода рассчитывали как отношение количества йода, содержащегося в яйце, к количеству йода, потребленного с кормом.

Опыт по внесению связанного йода путем поения был осуществлен на частном фермерском подворье Липецкой области с. Долгоруково. Для исследования были взяты куры-несушки породы РОД-АЙЛАНД в возрасте 200–220 дней, длительность опыта составила 6 дней. Птица содержалась в свободных вольерах, получала воду для питья. Среднее потребление одной курицей-несушкой воды для питья составляло около 0,5 л в сутки. При этом количество йода, поступавшего с питьевой водой, составляло около 120 мкг, что превышало показатели первого эксперимента. Одной из задач стало продемонстрировать управляемость содержания йода в одном яйце и безопасность такого подхода для основного стада. Расчетной величиной для внесения кормовой добавки в рацион стала 10–15 г на 1 т воды. Яйца для исследований отбирались по 1 яйцу в день от трех разных несушек на протяжении 5 дней (со вторых по шестые сутки).

Содержание общего йода определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, в соответствии с ГОСТ 34633-2020² на приборе Agilent 5110 ICP-OES (Agilent Technologies Inc., USA); содержание моно- и дийодтирозинов в желтке и белке определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием хроматографа Agilent 1200C (Agilent Technologies Inc., USA) с масс-спектрометрическим детектором Agilent 6410 Triple Quad

LC/MS (Agilent Technologies Inc., USA) [15]. Количество усвоенного йода рассчитывали как отношение количества йода, содержащегося в яйце, к количеству йода, потребленного с кормом.

Для расчетов использовалась программа STATISTICA 10, результаты представлялись в виде «Mean ± SD», статистическую достоверность рассчитывали с применением дисперсионного анализа (ANOVA) с применением критерия Стьюдента. Вероятность 0,05 была выбрана в качестве значимого уровня.

3. Результаты и обсуждение

На Рисунках 1 и 2 приведена динамика содержания йода в белке и желтке соответственно на протяжении эксперимента по обогащению корма.

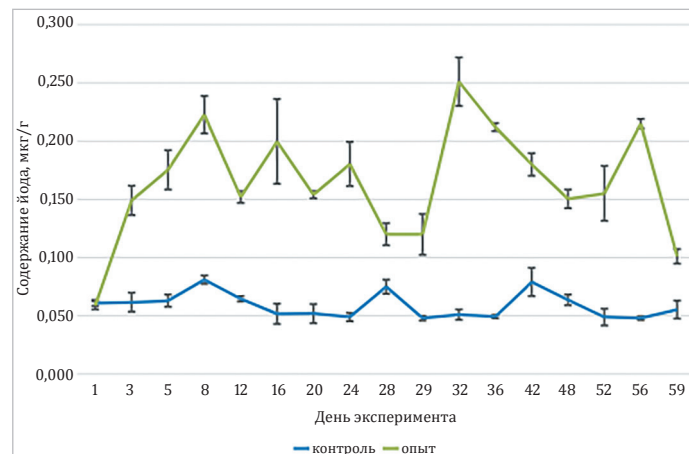


Рисунок 1. Динамика аккумуляции концентрации йода в белке

Figure 1. Dynamics of accumulation of iodine concentration in egg white

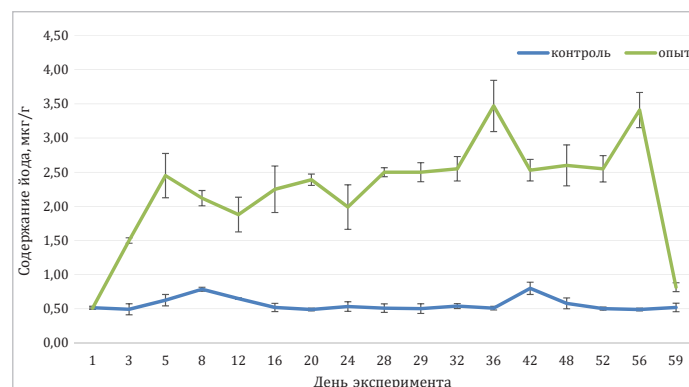


Рисунок 2. Динамика аккумуляции концентрации йода в желтке

Figure 2. Dynamics of accumulation of iodine concentration in yolk

Как видно из Рисунка 1, уже в первую неделю эксперимента концентрация йода в белке превысила показатели контрольной группы более чем в 2 раза. Увеличение содержания йода в органической форме в корме с 0,5 мкг/г до 0,7 мкг/г во втором периоде эксперимента привело сначала к увеличению содержания йода в белке, но в последующие дни показатель практически вернулся к значениям первого периода.

Представленные на Рисунке 2 результаты показывают, что увеличение концентрации йода в желтке, так же как и в белке, происходит в первые же дни после включения в рацион кур-несушек ЙМБ и достигает 2,35 мкг/г, что в 4 раза превышает значения контроля. Во втором периоде эксперимента продолжается рост концентрации йода в желтке, при этом среднее значение показателя превышает аналогичный показатель первого периода на 50 %.

Необходимо подчеркнуть, что концентрация йода как в белке, так и в желтке снижалась практически до контрольных значений уже через 3 дня после исключения йодированного молочного белка из корма (59 день).

В Таблице 1 приведены средние значения содержания йода в белке, желтке и яйце двух периодов эксперимента для опытной группы и на протяжении всего эксперимента для контрольной группы. Средняя масса белка ≈ 40,0 г, желтка ≈ 22,0 г.

¹ Лукин Д. Е., Рублев А. В., Большакова Л. С., Способ производства пищевых яиц, обогащенных ковалентно связанным йодом. Патент № 2714725 RU.

² ГОСТ 34633-2020 «Продукция пищевая. Определение массовой доли хрома, железа, никеля, меди, цинка методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой». М.: Российский институт стандартизации, 2024. — 23 с.

Таблица 1. Содержание йода в яйце

Table 1. Iodine content in eggs

Содержание йода	Группа		
	контрольная	опытная (1–28 день)	опытная (29–56 день)
В белке	2,36±0,51	6,62±1,24 ^a	7,59±1,56 ^a
В желтке	12,63±2,31	44,24±8,36 ^a	66,44±10,09 ^{ab}
В яйце, мкг/шт	14,99±1,88	50,86±8,17 ^a	74,03±10,1 ^{ab}
Количество усвоенного йода в яйце, % от введенного	11,1	25,1	32,3

Примечание: результаты представлены в виде «среднее значение ± стандартное отклонение». Среднее значение для контрольной группы рассчитывалось на протяжении всего периода эксперимента. Среднее значение для опытной группы рассчитывалось в периоды с 3 по 28 день и с 29 по 56 день. Стандартное отклонение показывает точность метода. ^a — отличия статистически значимы по сравнению с контролем (уровень значимости $\alpha = 0,05$); ^b — отличия статистически значимы по сравнению с опытной группой (1–28 день) (уровень значимости $\alpha = 0,05$).

Согласно данным Таблицы 1, в первый период опыта содержание йода в белке, желтке и в целом в яйце значимо отличается от контрольного, превышая его более чем в 3 раза на следующий день после кормления. Во втором периоде эксперимента среднее содержание йода в яйце оказалось в 4,9 раза выше контрольного. Расчет баланса поступления и накопления йода в яйцах показал, что у кур-несушек, получавших йод в виде ЙМБ, степень усвоения микроэлемента значительно выше, чем в контрольной группе. Причем СиАй-компонент, находящийся в корме, не изменялся и в яйце, что свидетельствует об отсутствии трансформации химических связей в организме птицы и о прохождении печеночного барьера.

Поскольку целью работы было изучение накопления йода в товарном яйце именно в органической форме, в рацион кур-несушек компонент СиАй вносился через йодированные молочные белки, где йод связан с аминокислотой тирозином. В связи с этим представлял интерес вопрос содержания в образцах МИТ и ДИТ. Для исследований отбирались яйца в течение первого этапа эксперимента (т. е. с 3 по 28 сутки) и анализировались на уровни МИТ и ДИТ. По результатам анализа было рассчитано содержание йода в форме МИТ, в форме ДИТ, а также общее содержание йода в органической форме.

Таблица 2. Содержание МИТ и ДИТ в яйце

Table 2. Content of mono- and di-iodotyrosines in eggs

Показатель	Результаты испытаний
Количество МИТ	108,40±21,68 мкг/100 г
	63,09±12,62 мкг/яйцо
Количество ДИТ	45,76±5,49 мкг/100 г
	26,63±3,20 мкг/яйцо
Количество ковалентно связанного йода в форме МИТ	25,87 мкг/яйцо
Количество ковалентно связанного йода в форме ДИТ	12,78 мкг/яйцо
Количество органически-связанного йода	38,65 мкг/яйцо
Доля органически-связанного йода от общего йода	75,99%

Примечание: результаты представлены в виде «среднее значение ± относительная погрешность». Среднее значение рассчитывалось в период с 3 по 28 день. Относительная погрешность для МИТ — 20%, для ДИТ — 12%.

Таблица 3. Содержание МИТ и ДИТ в яйце по результатам эксперимента по поению

Table 3. Content of mono- and di-iodotyrosines in eggs by the results of the experiment on watering

Показатель	Результаты испытаний, мкг/шт				
	На 2-й день	На 3-й день	На 4-й день	На 5-й день	На 6-й день
Количество МИТ	2,50±0,50	3,50±0,70 ^a	4,10±0,82 ^{ab}	5,05±1,01 ^{abc}	35,71±7,14 ^{abcd}
Количество ДИТ	4,73±0,57	15,40±1,85 ^a	17,84±2,14 ^a	52,42±6,29 ^{abc}	63,45±7,61 ^{abcd}
Количество йода в одном яйце в форме МИТ	1,03	1,44	1,68	2,07	14,64
Количество йода в одном яйце в форме ДИТ	2,27	7,39	8,56	25,16	30,46
Общее количество органически-связанного йода	3,30	8,83	10,24	27,23	45,10
% от суточной потребности для человека	2,2	5,9	6,8	18,2	30,1

Примечание: результаты представлены в виде «среднее значение трех параллельных измерений ± относительная погрешность».

^a — отличия статистически значимы по сравнению со вторым днем (уровень значимости $\alpha = 0,05$);

^b — отличия статистически значимы по сравнению с третьим днем (уровень значимости $\alpha = 0,05$);

^c — отличия статистически значимы по сравнению с четвертым днем (уровень значимости $\alpha = 0,05$);

^d — отличия статистически значимы по сравнению с пятым днем (уровень значимости $\alpha = 0,05$). Относительная погрешность для МИТ — 20%, для ДИТ — 12%.

Как видно из Таблицы 2, йод в органически-связанном виде в контрольной группе составляет около 75 %, из которых примерно 50 % приходится на моноидотирозин и 25 % — на диодотирозин. Это соотношение примерно соответствует пропорции МИТ: ДИТ 2:1, наблюдаемой в йодированном молочном белке.

В Таблице 3 приведены результаты накопления МИТ и ДИТ в яйце в результате эксперимента по обогащению рациона кур-несушек органическим йодом через поение. Для исследований в каждый день эксперимента отбиралось по 3 яйца.

Результаты, приведенные в Таблице 3, показывают, что добавление в питье кур-несушек СиАй-компонента положительно сказывается на накоплении йода в товарном яйце. Значительное увеличение содержания МИТ и ДИТ в яйце наблюдается уже на третьи сутки эксперимента. В результатах эксперимента по поению можно выделить три аспекта, на которые важно обратить внимание:

□ неравномерность накопления МИТ и ДИТ. МИТ накапливается в яйце плавно, а резкое увеличение его наблюдается на 6 сутки эксперимента, в то время как «резкие» скачки в накоплении ДИТ отмечаются на 3 и 5 сутки эксперимента;

□ в яйце в большем количестве накапливается ДИТ, а не МИТ, как это было в эксперименте с кормлением кур-несушек йодированным молочным белком;

□ уже на 6 сутки эксперимента в одном яйце накапливается йод на уровне 30 % от суточной потребности человека. И это йод только в форме МИТ и ДИТ.

Содержание йода в куриных яйцах зависит от количества йода, потребленного птицей с кормом, но при условии, что йод находится в связанной форме и представляет СиАй-компонент. Многие исследователи наблюдали линейную зависимость концентрации йода в яйце от его концентрации в корме кур-несушек [11,15,16]. Так, при содержании йода в количестве 0,8; 2,9; 5,2; 11,1 и 21,5 мкг/кг корма обнаруживалось 48, 107, 180, 290 и 511 мкг/кг йода в яичном белке и 443, 664, 1122, 1953 и 3352 мкг/кг йода в яичном желтке, что соответствует 8,3; 12,5; 21,1; 36,69 и 62,99 мкг йода в яйце [17]. Добавление в рацион птицы йода в количестве 0,5; 1, 2 и 5 мкг/кг корма позволило достичь содержания йода в яйце в количестве 17,7; 27,3; 38 и 65,6 мкг [18]. При этом следует отметить, что увеличение содержания йода в корме, например, в 2 раза не приводило к аналогичному увеличению содержания йода в яйце. В эксперименте введение 1 мг йода/кг корма обеспечивало 27,3 мкг йода в яйце, а при увеличении содержания йода в корме до 2 мг/кг в яйце определялось 38 мкг йода [19]. При этом следует отметить, что подобные эксперименты проводились однократно, без длительного кормления, и, очевидно, с целью получения больших концентраций йода в яйце [20]. При этом не учитывалось состояние здоровья птицы и ее продуктивность. В нашем исследовании увеличение количества йода в корме на 50 % и 70 % за счет йодированного молочного белка позволило увеличить содержание йода в яйце в 3,3 раза и 4,9 раза соответственно. При этом были отмечены улучшения репродуктивной системы птицы, а также ее показателей продуктивности.

Товарное яйцо обогащается микронутриентами разными способами. Что касается йода, наиболее распространенный способ обогащения — это использование неорганических форм йода в виде йодатов и йодидов калия и органических форм в виде йодированных дрожжей. В работе [8] показано, что при использовании йодированных дрожжей удается получить значение содержания йода почти в два раза превышающее значение при использовании неорганического йода. Значение содержания йода в настоящей работе в 1,2 раза выше, чем при обогащении яйца йодированными дрожжами. Это говорит о большей

эффективности йода в форме МИТ и ДИТ. Вероятно, это связано с тем, что йод в форме МИТ и ДИТ более стабилен, в таком случае его отщепление возможно только ферментативно [21]. Йод в неорганической форме тоже может быть эффективен в вопросах обогащения яиц через рацион кур несушек. Что продемонстрировано в работе [22], в которой йодом в форме йодата кальция обогащали корма до концентраций 5, 10, 15 и 20 мг/кг. Согласно результатам, зависимость содержания йода в яйцах от йода в корме не была прямо пропорциональна, наибольшие значения йода в яйцах удалось достичь при его концентрациях в корме на уровнях 10 и 15 мг/кг. Такие уровни намного выше «оптимального» уровня, который был подобран в работе [23], в которой йод в корма добавляли до концентраций 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 и 9,6 мг/кг, и наиболее эффективной оказалась концентрация в 2,4 мкг/кг. Эти работы в очередной раз подчеркивают, что йод в неорганической форме в больших концентрациях токсичен для организмов кур-несушек. Начиная от концентраций йода в корме на уровне 6,07 мг/кг возможно снижение яйценоскости и массы яиц, а концентрации свыше 12 мг/кг корм снижают индекс Хау [18,24]. Исследованный же в настоящей работе йод в форме МИТ и ДИТ не оказывает негативного влияния на здоровье и жизненные показатели кур-несушек, что делает его более предпочтительной добавкой для обогащения рациона птиц. Преимущества обогащения яиц микроэлементами в связанной с органическими соединениями форме показаны в работе [25] — яйца от кур-несушек, рацион которых был обогащен селеном, связанным с метионином, были менее подвержены порче. Селен, попадая в яйца, увеличивает прочность мембраны желтка, что в свою очередь приводит к снижению миграции воды в желтках, а pH медленнее повышается в процессе хранения яиц, сохраняя качество на более длительный период [25,26]. Существует вероятность того, что йод, накопленный в яйцах в форме МИТ и ДИТ, тоже может оказывать влияние на сохранение качества яиц, поэтому в дальнейшем необходимы соответствующие исследования.

Учитывая, что яйца употребляются в пищу после термической обработки, представляло интерес изучение вопроса сохранности МИТ и ДИТ в яйцах после варки. Для эксперимента были отобраны по три яйца в первый период кормления для контрольной и опытной групп. В контрольной группе исследовали содержание МИТ и ДИТ в сырых белке и желтке, яйца опытной группы варили в течение 15 минут, после чего смотрели содержание МИТ и ДИТ в белке и яйце. Результаты данного эксперимента приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Содержание МИТ и ДИТ в яйце до и после термообработки

Table 4. Content of mono- and di-iodotyrosines in eggs before and after heat treatment

Показатель	контроль	опыт	% сохранности
МИТ в белке, мкг	6,37 ± 1,27	6,68 ± 1,34	–
ДИТ в белке, мкг	2,99 ± 0,36	2,87 ± 0,34	95,99
МИТ в желтке, мкг	50,20 ± 10,04	44,29 ± 8,86	88,23
ДИТ в желтке, мкг	25,01 ± 3,00	23,52 ± 2,82	94,04
Содержание МИТ и ДИТ, мкг/яйцо	84,57	77,36	91,48
Содержание йода в органически-связанной форме, мкг/яйцо	36,63	33,57	91,65

Примечание: результаты содержания МИТ и ДИТ в белке и желтке представлены в виде «среднее значение трех параллельных измерений ± относительная погрешность». Из них рассчитано содержание МИТ и ДИТ в яйце и содержание органически-связанного йода. Относительная погрешность для МИТ — 20%, для ДИТ — 12%.

Как видно из результатов, приведенных в Таблице 4, термическая обработка яйца, а именно варка, не оказывает сильного влияния на содержание МИТ и ДИТ. Наименьшая степень потери отмечается у ДИТ в белке — его сохранилось почти 96%. Содержание ДИТ в желтке аналогично уменьшилось незначимо и после термообработки составило 94%. Наибольшие потери наблюдаются в количестве МИТ в желтке — порядка 12%. В ходе эксперимента количество МИТ в белке после варки было обнаружено больше, чем в белке до варки. Вероятнее всего, это связано с тем, что изначально в белке яиц опытной группы его было больше, чем в белке яиц контрольной группы. Поэтому оценить степень потери МИТ в белке при термической обработке не представляется возможным. В среднем МИТ и ДИТ показали высокую степень сохранности в яйцах при их термической обработке, их сохранилось в продукте ≈ 91,5%. Высокая степень сохранности МИТ и ДИТ говорит и о высокой степени сохранности именно ор-

ганически-связанного йода — 91,65%. Согласно литературным данным, потери йода в яйце после варки происходят в основном в белке, а в желтке его потери составляют до 10% при такой термической обработке [21]. Однако в работе [11] показано, что после термической обработки яиц кур-несушек, потреблявших обогащенный йодом рацион, не было статистически значимой разницы в содержании йода. В настоящей же работе была оценена сохранность йода в форме МИТ и ДИТ. Несмотря на то, что потеря МИТ и ДИТ возможна при варке, процент сохранности очень высокий. Более того, можно сказать, что обогащение яйца именно йодтирозидами позволяет практически полностью сохранить его количество в белке.

Полученные в ходе выполнения настоящей работы данные свидетельствуют о более высокой степени усвоения связанного йода (СиАй-компонента) при введении его в виде йодтирозинов (25% и 32%) по сравнению с неорганическими соединениями (11%) или клатратами.

При определении йодтирозинов было установлено, что входящий в их состав йод составляет ≈ 76% от общего йода, содержащегося в яйце, т. е. в яйцах йод по большей части представлен в «органической» форме — в виде моно- и диодтирозинов.

Таким образом, установлено, что включение в рацион кур-несушек йодированного молочного белка, содержащего компонент СиАй, позволяет получить яйца со значительным количеством (50–74 мкг/яйцо и более) связанного йода. Степень усвоения йода при поступлении его в организм птицы в «органической» форме (в виде йодтирозинов) превышает данный показатель при использовании неорганической формы йода, при этом являясь нетоксичным и безопасным как для птицы, так и для человека. Также была установлена сохранность СиАй-компонента в составе моно- и диодтирозинов при термической обработке яиц, что позволяет получить функциональный продукт. Такой продукт может способствовать решению общенациональной проблемы — ликвидации йододефицитных состояний у населения страны с использованием доступной массовой технологии СиАй-обогащения.

4. Выводы

Каждый этап проведенного эксперимента по изучению обогащения рациона кур-несушек ЙМБ показал выраженные положительные результаты. В ходе основной части эксперимента удалось достичь высокого уровня накопления йода в яйцах, получаемых от кур, рацион которых обогащен МИТ и ДИТ. Динамика накопления йода в белке и желтке показывает, что «стандартные» нормы содержания йода в кормах недостаточны для правильного функционирования организма птицы, т. к. заметное увеличение содержания йода в яйцах начинается только с пятых суток. Соответственно, справедливо предположение, что в период до пятых суток «избыток» йода используется организмом для ликвидации йододефицита, после чего уже происходит его накопление непосредственно в яйцах. Результаты по определению содержания МИТ и ДИТ показали, что большая часть йода в яйце аккумулируется именно в этой форме, что более благоприятно для потребителя.

Положительные результаты отмечены и в эксперименте по поению кур-несушек обогащенной МИТ и ДИТ водой. Причем накопление МИТ и ДИТ в яйцах в таком случае теоретически может происходить быстрее, чем при откорме обогащенным рационом. Однако и накопление происходит не так равномерно, как при откорме. Несмотря на довольно положительный результат, данное направление требует проведения дополнительных исследований. В частности, этот эксперимент следует проводить в течение более длительного периода, чтобы определить, когда накопление МИТ и ДИТ в яйцах достигнет плато, а также до каких максимальных концентраций можно обогатить яйца данным способом.

Результаты оценки сохранности МИТ и ДИТ в яйцах после термической обработки свидетельствуют о высокой эффективности выбранного метода. После варки яиц в течение 15 минут в кипящей воде (что почти в полтора раза превышает среднюю продолжительность варки яйца) содержание йода в органически связанной форме сохранилось на уровне около 92%. Это показывает высокую стабильность СиАй-компонента, использованного для эксперимента. Однако в данной области необходимы дальнейшие исследования, а именно — определение степени стабильности МИТ и ДИТ в обогащенных яйцах при приготовлении их жарением (яичницы, омлеты, скрэмблы).

Таким образом, СиАй-компонент крайне эффективен для обогащения рациона кур-несушек: он устраняет йододефицит у самой птицы, накапливается в яйце и впоследствии обогащает рацион потребителя, поскольку МИТ и ДИТ сохраняют высокую стабильность при термической обработке продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Платонова, Н. М. (2015). Йодный дефицит: современное состояние проблемы. *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*, 11(1), 12–21. [Platonova, N. M. (2015). Iodine deficiency: Current status. *Clinical and Experimental Thyroidology*, 11(1), 12–21. (In Russian)] <https://doi.org/10.14341/ket2015112-21>
- Bost, M., Martin, A., Orgiazzi, J. (2014). Iodine deficiency: Epidemiology and nutritional prevention. *Trace Elements in Medicine*, 15(4), 3–7.
- Flachowsky, G. (2007). Iodine in animal nutrition and iodine transfer from feed into food of animal origin. *Lohmann Information*, 42(2), 47–59.
- Спиридонов, А. А., Мурашова, Е. В. (2010). Обогащение йодом продукции животноводства. Нормы и технологии. Санкт-Петербург: Береста, 2010. [Spiridonov, A. A., Murashova, E. V. (2010). Enrichment of products of animal husbandry with iodine. Norms and technologies. St. Petersburg: Beresta, 2010. (In Russian)]
- Damaziak, K., Marzec, A., Riedel, J., Szeliga, J., Koczywys, E., Cisneros, F. et al. (2018). Effect of dietary canthaxanthin and iodine on the production performance and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, 97(11), 4008–4009. <https://doi.org/10.3382/ps/pey264>
- EFSA (2013). Scientific opinion on the safety and efficacy of iodine compounds (E2) as feed additives for all animal species: Calcium iodate anhydrous and potassium iodide, based on a dossier submitted by Ajay Europe SARL. *EFSA Journal*, 11(2), 3099–3133. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3099>
- Созинов, В. А., Ермолина, С. А. (2014). Применение биогенных соединений йода в яичном птицеводстве. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 1(38), 48–51. [Sozinov, V. A., Ermolina, S. A. (2014). The use of biogenic iodine compounds in the egg poultry farming. *Agricultural Science Euro-North-East*, 1(38), 48–51. (In Russian)]
- Opalinski, S., Dolinska, B., Korczynski, M., Chojnacka, K., Dobrzanski, Z., Ryszka, F. (2012). Effect of iodine-enriched yeast supplementation of diet on performance of laying hens, egg traits, and egg iodine content. *Poultry Science*, 91(7), 1627–1632. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-02031>
- Yamamura, J.-i, Adachi, T., Aoki, N., Nakajima, H., Nakamura, R., Matsuda, T. (1995). Precursor-product relationship between chicken vitellogenin and the yolk proteins: The 40 kDa yolk plasma glycoprotein is derived from the C-terminal cysteine-rich domain of vitellogenin II. *Biochimica et Biophysica Acta — General Subjects*, 1244(2–3), 384–394. [https://doi.org/10.1016/0304-4165\(95\)00033-8](https://doi.org/10.1016/0304-4165(95)00033-8)
- Richards, M. P. (1997). Trace mineral metabolism in the avian embryo. *Poultry Science*, 76(1), 152–164. <https://doi.org/10.1093/ps/76.1.152>
- Sumaiya, S., Nayak, S., Baghel, R. P. S., Nayak, A., Malapure, C. D., Kumar R. (2016). Effect of dietary iodine on production of iodine enriched eggs. *Veterinary World*, 9(6), 554–558. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.554-558>
- Daugeras-Bernard, N., Lachiver, F. (1980). Fonction thyroïdienne et métabolisme de l'iode chez l'embryon de Poulet *Reproduction Nutrition Development*, 20(1B), 203–207. [Daugeras-Bernard, N., Lachiver, F. (1980). Thyroid function and iodine metabolism in the chicken embryo. *Reproduction Nutrition Development*, 20(1B), 203–207. (In French)]
- Wright, C., Leeson, H. (2018) Assessing iodine status in frontline health-care. *Journal of Nutrition Medicine and Diet Care*, 4, Article 028. <https://doi.org/10.23937/2572-3278.1510028>
- Sarlak, S., Tabeidian, S. A., Toghyani, M., Shahraki, A. D. F., Goli, M., Habibian, M. (2025). Organic iron and iodine in laying hen diet: Performance, egg quality, thyroid hormones, antioxidant status, serum and yolk lipids, and egg iron and iodine contents. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 11, Article 100211. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2025.100211>
- Kulikovskii, A. V., Lisitsyn, A. B., Chernukha, I. M., Gorlov, I. F., Savchuk, S. A. (2016). Determination of iodotyrosines in food. *Journal of Analytical Chemistry*, 71(12), 1215–1219. <https://doi.org/10.1134/S1061934816100087>
- Bakhshalinejad, R., Hassanabadi, A., Nassiri-Moghaddam, H., Zarghi, H. (2018). The effects of dietary calcium iodate on productive performance, egg quality and iodine accumulation in eggs of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(3), 746–754. <https://doi.org/10.1111/jpn.12873>
- Ślupczyńska, M., Jamroz, D., Orda, J., Wiliczekiewicz, A. (2014). Effect of various sources and levels of iodine, as well as the kind of diet, on the performance of young laying hens, iodine accumulation in eggs, egg characteristics, and morphotic and biochemical indices in blood. *Poultry Science*, 93(10), 2536–2547. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03959>
- Yalcin, S., Kahraman, Z., Yalcin, S., Yalcin, S. S., Dedeoğlu, H. E. (2004). Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *British Poultry Science*, 45(4), 499–503. <https://doi.org/10.1080/00071660412331286208>
- Kaufmann, S., Wolfram, G., Delange, F., Rambeck, W. A. (1998). Iodine supplementation of laying hen feed: A supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 37, 288–293. <https://doi.org/10.1007/PL00007378>
- Rizzi, C. (2020). Laying hen biodiversity: A study on the effect of age on the yield performance and quality of eggs produced by two Italian purebred hens. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 23, 299–307. <https://doi.org/10.15414/afz.2020.23.mi-fpap.296-304>
- Кавтарашвили, А. Ш., Стефанова, И. Л., Свиткин, В. С., Новоторов, Е. Н. (2017). Производство функциональных яиц, сообщение II. Роль селена, цинка и йода. *Сельскохозяйственная биология*, 52(4), 700–715. [Kavtarashvili, A. Sh., Stefanova, I. L., Svitkin, V. S., Novotorov, E. N. (2017). Functional egg production. II. The roles of selenium, zinc, and iodine. *Agricultural Biology*, 52(4), 700–715. (In Russian)] <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.4.700rus>
- Saki, A. A., Aslani Farisar, M., Aliarabi, H., Zamaian, P., Abbasinezhad, M. (2012). Iodine-enriched egg production in response to dietary iodine in laying hens. *Journal of Agricultural Technology*, 8(4), 1255–1267.
- Abdel-Malak, N. Y., Osman, S. M. H., Bahakaim, A. S. A., Omar A. S., Ramadan, N. A. (2012). Effect of using different levels of iodine in layer's diets on egg iodine enrichment. *Egyptian Poultry Science*, 32(4), 851–864.
- Lichovnikova, M., Zeman, L., Cermakova, M. (2003). The long-term effects of using a higher amount of iodine supplement on the efficiency of laying hens. *British Poultry Science*, 44(5), 732–734. <https://doi.org/10.1080/00071660310001643741>
- Chen, D., Liu, Y., Xu, S. (2023). Supplemental methionine selenium effects on egg yolk physicochemical, functional, and protein structure during storage. *Frontiers in Nutrition*, 10, Article 1207754. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1207754>
- Кавтарашвили, А. Ш. (2024). Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение III. Факторы, влияющие на качество желтка (обзор). *Птицеводство*, 73(10), 61–68. [Kavtarashvili, A. Sh. (2024). Factors affecting internal and external parameters of egg quality in chicken. III. Factors affecting quality of egg yolk (A review). *Pitisevodstvo*, 73(10), 61–68. (In Russian)] <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-10-61-68>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Лукин Дмитрий Евгеньевич — аспирант, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 E-mail: caja@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3253-6745	Dmitry E. Lukin , Graduate Student, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhin str., 109316, Moscow, Russia E-mail: caja@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3253-6745
Вострикова Наталья Леонидовна — доктор технических наук, Руководитель Научно-исследовательского испытательного центра. Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 E-mail: n.vostrikova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9395-705X	Natalia L. Vostrikova , Doctor of Technical Sciences, Head of the Research Testing Center, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhin str., 109316, Moscow, Russia. E-mail: n.vostrikova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9395-705X
Большакова Лариса Сергеевна — кандидат биологических наук, декан, факультет «Технологии, товароведение и сервис», Среднерусский институт управления — филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации 302028, Орел, ул. Октябрьская, 12 E-mail: ogietitf@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4074-4461	Larisa S. Bolshakova , Candidate of Biological Sciences, Dean, Faculty of Technology, Commodity Science and Service, Central Russian Institute of Management — branch Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration 12, Oktyabrskaya str., 302028, Orel, Russia E-mail: ogietitf@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4074-4461
Куликовский Андрей Владимирович — кандидат технических наук, ведущий лабораторией «Научно-методические работы, биологические и аналитические исследования», Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 E-mail: a.kulikovskii@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9140-5390	Andrey V. Kulikovskii , Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory of Scientific and Methodical Work, Biological and Analytical Research, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhin str., 109316, Moscow, Russia E-mail: a.kulikovskii@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9140-5390

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Утьянов Дмитрий Александрович — кандидат технических наук, научный сотрудник, лаборатория «Научно-методические работы, биологические и аналитические исследования», Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 E-mail: d.utyantov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7693-3032 * автор для контактов	Dmitry A. Utyanov — scientific worker, Laboratory of scientifically-methodical works and control-analytical researches, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhin str., 109316, Moscow, Russia E-mail: d.utyantov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7693-3032 * corresponding author
Захарова Варвара Алексеевна — младший научный сотрудник, лаборатория «Научно-методические работы, биологические и аналитические исследования», Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 E-mail: v.zakharova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1862-7410	Varvara A. Zakharova, Junior Researcher, Laboratory of Scientifically-Methodical Works and Control-Analytical Researches, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhin str., 109316, Moscow, Russia E-mail: v.zakharova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1862-7410
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.