

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-397-402>



Поступила 29.05.2023

Поступила после рецензирования 21.09.2023

Принята в печать 25.09.2023

© Кузнецова К. Г., Ситнов В. Ю., Рябухин Д. С., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВКЛЮЧЕНИЯ СЪЕДОБНЫХ НАСЕКОМЫХ В СОСТАВ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Кузнецова К. Г., Ситнов В. Ю., Рябухин Д. С.\*

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок,  
Санкт-Петербург, Россия

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

*энтомофагия, мука из насекомых, обогащение продуктов питания, большой мучной хрущак, сверчок домовый, съедобные насекомые, хлебобулочные и бакалейные изделия*

Использование насекомых в качестве альтернативного источника белка считается перспективной стратегией развития сельского хозяйства, способствующей решению проблем обеспечения продовольствием населения планеты. Введение насекомых как сырьевого ресурса в существующие пищевые системы позволяет обогатить продукты ценными питательными веществами и улучшить их качественные характеристики. Цель обзора заключается в оценке мировой регулирующей нормативной базы, в анализе рисков потребления пищевых продуктов нового типа, содержащих переработанных насекомых, а также в определении перспективных и рентабельных направлений рынков сбыта. Рассмотрена российская и европейская техническая документация, касающаяся производства и безопасности пищевой продукции, представлены традиционные методы обработки энтомологической биомассы для получения полуфабрикатов из насекомых. Показаны особенности обогащения некоторых пищевых продуктов мукой из насекомых и описаны изменения технологических параметров, улучшенных в результате подобных манипуляций. Несмотря на мировую тенденцию включения альтернативных пищевых ресурсов в диету людей, популярность продуктов из насекомых в России во многом зависит от осведомленности людей о пользе и вкусе таких продуктов, от уверенности населения в их безопасности, а также от поддержки со стороны правительства и бизнеса. Среди достоинств съедобных насекомых — выращивание их в местах компактного проживания населения без специальных требований к объемам земельных и водных ресурсов, а также их способность к переработке вторичных ресурсов, не задействованных в питании людей. Однако для реализации столь амбициозного плана по пересмотру пищевых привычек человечества необходимы более точные и надежные исследования методов контроля и предупреждения фальсификации продукции с включением насекомых.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS2022–0017 и № FGUS2022–0018 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 29.05.2023

Accepted in revised 21.09.2023

Accepted for publication 25.09.2023

© Kuznetsova K. G., Sitnov V. Yu., Ryabukhin D. S., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

## PROSPECTS FOR INCLUDING EDIBLE INSECTS INTO THE FOOD COMPOSITION

Kseniia G. Kuznetsova, Veniamin Yu. Sitnov, Dmitry S. Ryabukhin\*

All-Russia Research Institute for Food Additives, St. Petersburg, Russia

### KEY WORDS:

*entomophagy, insect meal, food enrichment, mealworm larvae, house cricket, edible insects, bakery and groceries*

### ABSTRACT

The use of insects as an alternative protein source is considered a promising strategy for the agricultural development that facilitates solution to the problem of feeding the world's population. Introduction of insects as a raw material resource into the existing food systems allows enriching products with valuable nutrients and improving their quality characteristics. The review aims at assessment of the world regulatory normative base, analysis of the risks linked with consumption of the new type of foods containing processed insects and determination of promising and profitable directions for sales markets. The paper considers Russian and European technical documentation related to food production and safety, presents traditional methods for processing of entomological biomass to produce semi-finished products from insects, shows specific features of enrichment of certain food products with insect meal and describes changes in the technological parameters improved as a result of these manipulations. Despite the world trend toward inclusion of alternative food resources into human diets, popularity of products from insects in Russia largely depends on public awareness about benefits and taste of such products, public confidence in their safety and support from the government and business. Among advantages of edible insects is their growing in the areas of compact settlement without specific requirements for volumes of land and water resources, as well as their ability to process secondary resources that are not used in human nutrition. However, to realize such an ambitious plan on revision of human food habits, more accurate and reliable studies of control methods and prevention of adulteration of products with insects are necessary.

FUNDING: The article was published as part of the research topics No. FGUS2022–0017 and No. FGUS2022–0018 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

### 1. Введение

Питание населения является неотъемлемым фактором, влияющим на продолжительность и качество жизни граждан старшего поколения. В настоящее время среди населения Российской Федерации и других стран наблюдаются тенденции развития алимен-

тарно-зависимых заболеваний. И многие заболевания, которые в прошлом считались возрастными, проявляются у молодого поколения. Это снижает качество жизни, работоспособность, вызывает финансовые и экономические проблемы у граждан и государства в целом [1,2].

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кузнецова, К. Г., Ситнов, В. Ю., Рябухин, Д. С. (2023). Перспективы включения съедобных насекомых в состав продуктов питания. *Пищевые системы*, 6(3), 397-402. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-397-402>

FOR CITATION: Kuznetsova, K. G., Sitnov, V. Yu., Ryabukhin, D. S. (2023). Prospects for including edible insects into the food composition. *Food Systems*, 6(3), 397-402. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-397-402>

В связи с этим в мире все большее распространение получает использование альтернативных ресурсов в качестве пищевых продуктов для обеспечения продовольственной безопасности. Возникает необходимость поиска альтернативных источников белка, к которым относят микроводоросли, бактерии, дрожжи, а также некоторые виды насекомых для обеспечения продовольственной безопасности [3,4]. Регламент Европейского Союза (ЕС) № 2015/2283 [5] определяет условия производства и реализации продуктов из этих ингредиентов.

Употребление в пищу насекомых или продуктов из них называется энтомофагией. После публикации в 2013 году Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций отчета о съедобных насекомых в качестве пищи и корма [6], Регламента Европейского Союза 2015/2283 о новых пищевых продуктах растет число научных публикаций, посвященных изучению принятия энтомофагии европейским потребителем [5].

В последние десятилетия наблюдается существенный интерес среди научного сообщества, бизнеса, а также средств массовой информации к использованию насекомых в пищу, особенно людьми [7,8].

По прогнозам, к 2030 году мировой рынок съедобных насекомых достигнет 9,60 млрд долларов при среднегодовом темпе роста в 28,3% в течение прогнозируемого периода. Наибольший рост развития рынка насекомых наблюдается в Северной Америке и странах Азиатско-Тихоокеанского региона [9].

Цель статьи — проанализировать влияние ингредиентов из насекомых в качестве альтернативного источника белка на хлебобулочные и бакалейные изделия, выявить риски для здоровья человека при потреблении пищевых продуктов на основе муки из насекомых, а также рассмотреть механизм вывода продуктов питания нового вида на рынок.

## 2. Объекты и методы

Среди публикаций в международной наукометрической базе Scopus наблюдается рост числа исследовательских работ по данной

теме (Рисунок 1). Количество публикаций по запросу edible insects в базе данных увеличилось на 43% с 2017 года.

Объектами исследований являлись зарубежные научные и обзорные публикации в области обогащения традиционных продуктов питания мукой из личинок большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor*) и сверчка домашнего (*Acheta domestica*). Также в данной работе рассмотрены российские и европейские технические документы в области производства и безопасности пищевой продукции. Для составления настоящего обзора применены следующие методы исследования: мониторинг, анализ, систематизация научной и технической информации и обобщение полученных результатов. Для анализа публикаций использовались наиболее цитируемые источники за последние 5 лет.

## 3. Включение насекомых в продукты питания

### 3.1. Методы обработки биомассы насекомых

Традиционно методы предварительной обработки энто-биомассы зависят от требований назначения конечного продукта [10]. Наиболее распространенным продуктом обработки энтомологической биомассы является мука из насекомых. Принципиальная блок-схема получения муки из насекомых представлена на Рисунке 2.

Процесс переработки биомассы начинается с предварительной стадии голодания живых насекомых. Рекомендуемый период, необходимый для очистки ЖКТ от продуктов пищеварения, составляет от 24 до 48 часов. [11]. Далее проводится стадия обработки низкими температурами для умерщвления колонии (при температуре 5 °С в течение 8 дней), что приводит к снижению общего микробного числа всех микроорганизмов, особенно дрожжей и общих анаэробных мезофильных спорообразующих бактерий [12]. На следующем этапе биомассу бланшируют в кипящей воде (98 °С) в течение 1–4 минут или стерилизуют соляным раствором (5% NaCl, 15 минут, при температуре 120 °С) [13].

После бланширования следует стадия сушки. Самым распространенным методом является конвекционная механическая сушка за 24 ч при температуре 55–60 °С [14]. Высушенную биомассу измельчают



Рисунок 1. Количество исследовательских работ по заданным ключевым словам  
Figure 1. The number of research papers for the given keywords



Рисунок 2. Принципиальная блок-схема процесса обработки энтомологической биомассы  
Figure 2. Basic block diagram of processing entomological biomass

до размера частиц 0,25 мм. На данном этапе мука из насекомых может использоваться для обогащения продуктов питания.

### 3.2. Пищевая безопасность продуктов, обогащенных съедобными насекомыми

Одной из основных проблем, ограничивающих распространение энтомофагии, является возможная аллергенность данных продуктов [15]. У членистоногих зарегистрировано 239 индивидуальных аллергенов, в соответствии с требованиями Подкомитета ВОЗ по номенклатуре аллергенов и Международного союза иммунологических обществ. Это преимущественно паналлергенные белки: мышечные (миозин, актин, тропонин С), клеточные (тубулин), циркулирующие (например, гемоцианин, дефензин) и ферменты (аргининкиназа, триозофосфатизомераза,  $\alpha$ -амилаза, трипсин, гиалуронидаза).

В ряде публикаций подтверждается вероятность возникновения пищевой аллергии на насекомых у людей с аллергической реакцией на ракообразных [16]. Этот эффект подтвержден в исследованиях перекрестной реактивности личинок большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor*) и сверчка двухпятнистого (*Gryllus bimaculatus*) у пациентов с аллергией на клещей, ракообразных и креветок. В обоих случаях тропомиозин и аргининкиназа идентифицированы как перекрестно-реактивные белки [17]. Вполне возможно, что люди с аллергией на ракообразных и клещей также испытывают реакцию на продукты, содержащие личинки мучного хрущака или сверчка.

Правила ЕС по маркировке продуктов питания определяют список из 14 аллергенов, информация о которых должна отображаться на упаковке (например, яйца, молоко, рыба, ракообразные и так далее) для информирования людей с пищевыми ограничениями. Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов EFSA (The European Food Safety Authority) пришло к выводу, что потребление протеинов насекомых потенциально может привести к аллергическим реакциям у людей с аллергией на ракообразных, пылевых клещей и в некоторых случаях моллюсков [18].

### 3.3. Требования Европейского законодательства в области съедобных насекомых

В настоящее время в международном руководстве по безопасности пищевых продуктов Codex Alimentarius [19], а также в Техническом регламенте Таможенного союза (ТРТС) 021/2011 [20] насекомые упоминаются только как «примеси». Такой правовой статус представляет ключевое препятствие для развития данной индустрии, поскольку он ограничивает или замедляет рост глобального рынка пищевых насекомых.

Цельные съедобные насекомые и продукты из них уже легально представлены в розничной продаже в странах ЕС. Чтобы прийти к этому, необходимо пройти ряд процедур, включающих подачу заявки в комиссию по безопасности, а также прохождение оценки соответствия выводимого на рынок продукта требованиям Европейского управления по безопасности пищевых продуктов. При положительном заключении съедобные насекомые и продукты из них попадают под законодательство о новых продуктах питания и регулируются Регламентом (ЕС) 2015/2283 [5]. Такую заявку на получение статуса нового продукта питания может подать организация — первичный производитель настоящего продукта из насекомых. В Таблице 1 представлены компании-производители, виды насекомых и список разрешенных продуктов из них, которые уже используются в качестве пищевых ингредиентов, согласно актуальной информации на май 2023 года [18, 21].

Таблица 1. Список продуктов из насекомых, разрешенных в употребление в пищу в ЕС

Table 1. List of insect products authorized as novel food in the EU

Компания	Насекомое	Форма выпускаемого продукта
Protix (Нидерланды)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Большой мучной хрущак (<i>Tenebrio molitor</i>)</li> <li>Сверчок домашней (<i>Acheta domestica</i>)</li> <li>Перелетная саранча (<i>Lokusta migratoria</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Замороженный</li> <li>Высушенный</li> <li>Измельченный</li> </ul>
Cricket One (Франция)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сверчок домашней (<i>Acheta domestica</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Частично обезжиренная мука</li> </ul>
Agronutris (Франция)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Большой мучной хрущак (<i>Tenebrio molitor</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сушенный</li> </ul>
Ynsect (Франция)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сверчок домашней (<i>Acheta domestica</i>)</li> <li>Малый мучной хрущак (<i>Tribolium confusum</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Замороженные</li> <li>Пастообразные</li> <li>Высушенные</li> <li>Измельченные</li> </ul>

### 3.4. Перспективы распространения продукции с добавлением съедобных насекомых

В европейских странах отсутствуют традиции приготовления пищи из насекомых, что существенно ограничивает их кулинарное использование [22]. Однако в Германии и Франции для ферментации сыра Milbenkäse используют сырных клещей (*Tyrophagus casei*) для ферментации некоторых особых сортов с характерным лимонным вкусом.

В последние годы кулинарные книги о насекомых, телешоу, продовольственные ярмарки и выставки стремились к популяризации энтомофагии [23,24]. Другие стратегии состоят в продвижении насекомых в качестве альтернативы снекам, поскольку они имеют схожие характеристики, такие как текстура, содержание макроэлементов и вкус.

Факторы, влияющие на выбор продукции из насекомых:

- привлекательный внешний вид;
- приятный вкус;
- невысокая стоимость.

В меньшей степени потребители обращают внимание на экологическую устойчивость пищевых продуктов и на высокое качество белка. Усилия производителей продуктов с мукой из насекомых должны быть направлены на доведение до сведения потребителей информации о преимуществах настоящих пищевых продуктов.

Целевую аудиторию для данного вида альтернативной продукции составят люди, следящие за питанием, которые находятся в постоянном поиске новых источников белка [23,25]. Однако нынешняя относительно высокая стоимость съедобных насекомых по сравнению с другими источниками белков животного и растительного происхождения является важным экономическим барьером для расширения рынка [26].

Некоторые исследователи проанализировали приемлемость пищевых продуктов, содержащих насекомых, в разных странах. Авторы пришли к выводу, что предоставление информации о пользе употребления пищевых продуктов, обогащенных ингредиентами из насекомых, положительно повлияет на популяризацию этих продуктов [27,28].

### 3.5. Анализ продукции, обогащенной мукой из насекомых

Наиболее многообещающим является подход к использованию съедобных насекомых в привычных пищевых продуктах в качестве компонента рецептуры [29–31]. Пищевые продукты, обогащенные мукой из насекомых, такие как макаронные, хлебобулочные изделия и различные снеки, будут лучше восприниматься потребителями и позволят им получить новый гастрономический опыт.

#### 3.5.1. Хлебобулочные изделия, обогащенные мукой из насекомых

Включение муки из насекомых в рецептуру хлеба придает изделию более темный цвет и специфический запах, что часто негативно влияет на восприятие продукта [32]. Поскольку ингредиенты из насекомых не содержат глютен, то частичная замена пшеничной муки пропорционально снижает содержание глютена, напрямую влияя на текстуру и вызывая снижение упругости и пластичности макаронных изделий.

В другом исследовании [33] разработана рецептура маффинов с частичной заменой пшеничной муки продуктом из насекомых в концентрациях 2%, 5%, 10%. Полученные образцы проходили органолептическую оценку, как и контрольные образцы. В рецептуре маффинов пшеничная мука была заменена на 2, 5 и 10% муки насекомых. Образцы с 2% и 5% обогащения получили достаточно высокую органолептическую оценку по сравнению с контролем. Продукты с содержанием 2, 5, 10% и контроль получили соответственно 7,1; 7,0; 6,9 и 6,2 балла по гедонистической шкале приемлемости, где минимальный балл — 1, а максимальный — 9. Оценивали внешний вид, текстуру, вкус и аромат.

В статье [34] исследовано частичное замещение пшеничной муки продуктом из личинок большого мучного хрущака при приготовлении теста для печений. Было установлено, что использование муки из личинок большого мучного хрущака в концентрации от 5% до 15% значительно увеличивает питательную ценность продукта, не оказывая отрицательного влияния на его органолептические свойства.)

В другой работе авторы рассматривали технологические показатели овсяного печенья, обогащенного мукой из насекомых [35]. В ходе исследования были приготовлены образцы овсяного печенья, обогащенного ингредиентами из насекомых в следующих концентрациях: 5%, 10% и 15% муки из сверчка домашнего. Авторами было выявлено повышенное содержание белка на 18,35%, 36,81% и 55,16% соответственно по сравнению с контролем. В публикации подтверждена возможность использования ингредиентов из насекомых для повышения питательной ценности пищевых продуктов. Все рассматриваемые концентрации муки из насекомых приемлемы, однако

добавление не более 10% муки насекомых не влияет негативным образом на органолептические свойства продуктов, напротив, даже способствует их улучшению. Хлебобулочные изделия, маффины и печенье являются предпочтительными продуктами для включения ингредиентов из насекомых [36,37].

### 3.5.2. Макароны изделия

Включение различного сырья (растительного, энтомологического и др.) в макаронные изделия из пшеницы влияет на качество, питательную ценность и органолептические характеристики [38].

Авторы публикаций оценивают концентрацию белка в продуктах, время приготовления, потери при варке, уровень водопоглощения, увеличение веса, а также органолептические показатели. В целом, обогащение макаронных изделий от 5 до 15% муки добавкой из насекомых приемлемо для потребителей. Авторы отмечают потемнение образцов, содержащих ингредиенты из насекомых, и увеличение времени варки [39–41]. Проведена оценка качества готовых макаронных изделий с добавлением муки из сверчка домашнего потребителями. Установлено, что обогащение продуктов питания мукой из сверчка домашнего в количестве 5% вызывает увеличение содержания белка, жира и минеральных веществ по сравнению с традиционными макаронными изделиями. Добавление муки из сверчка домашнего привело к снижению веса и потере при варке, а также к увеличению времени варки. Также образцы характеризовались более высокой твердостью, чем эталонные, что в сочетании с более низкими значениями потерь при варке свидетельствует о сравнительно высоком качестве продукта. Добавление муки из сверчка домашнего привело к изменению питательной ценности макаронных изделий: содержание белка увеличилось примерно с 10% до 17%.

Включение съедобных насекомых в макаронные изделия уменьшало содержание крахмала в конечном продукте. Обогащенный продукт (с 15% добавлением муки из насекомых) содержал вдвое больше сырой клетчатки, чем в контроле. Цвет макаронных изделий также значительно изменился после обогащения мукой из насекомых; в частности, уменьшилась желтизна макаронных изделий и наблюдалось потемнение образцов. Органолептическая оценка показала, что частичная замена пшеничной муки добавкой из насекомых снижает сенсорные характеристики макаронных изделий, такие как цвет, запах и текстура продукта [42].

В статье [43] рассмотрено влияние физико-химических параметров макаронных изделий с замещением пшеничной муки на муку из личинок большого мучного хрущача и сверчка домашнего. В ходе приготовления макаронных изделий с добавкой из насекомых изменился цвет образцов; более темный цвет обусловлен ферментативными реакциями потемнения. Авторы отмечают большие потери при варке образцов, обогащенных добавкой из насекомых, по сравнению с контролем, что может быть обусловлено наличием гидрофильных аминокислот в исследуемых образцах. Помимо улучшения аминокислотного профиля образцов, авторы отмечают, что текстурные особенности макаронных изделий были удовлетворительными. Органолептическая оценка не проводилась.

Обогащение макаронных изделий ингредиентами из насекомых повышает их питательную ценность: показывает более высокое содержание белков и жиров и пониженное содержание углеводов. Такое обогащение, однако, часто оказывает негативное влияние на качество макаронных изделий с точки зрения более высоких потерь при варке и снижения органолептической приемлемости. Отмечалось появление специфического запаха, а также увеличение времени варки на 2–3 минуты.

### 3.5.3. Экструдированные снеки

В статье [44] описано использование белковой добавки из насекомых в качестве альтернативного источника белка и минералов в экструдированных закусках. Такой ингредиент является иннова-

ционным предложением с технической, физико-химической и питательной точек зрения, так как увеличивает содержание белка, и микроэлементов в конечном продукте. Авторы отмечают, что на физико-химические свойства экструдатов не оказывало сильного влияния добавление муки из насекомых.

Для повышения заинтересованности потребителей в продуктах, содержащих ингредиенты из насекомых, авторами была предложена современная технология получения снеков с помощью печати на 3D-принтере [45]. Технология 3D-печати применена для создания снеков, приготовленных из пшеничной муки, обогащенной съедобными насекомыми в качестве нового источника белков. Напечатанные снеки воспроизводили общую структуру разработанного объекта с достаточной точностью. Однако добавление различного количества муки из измельченных личинок большого мучного хрущача (*Tenebrio molitor*) влияло на морфологические и микроструктурные свойства сырых снеков. Обогащенное тесто было более мягким, что приводило к избыточному осаждению во время печати, в результате чего вес и диаметр изделия увеличивались, а высота сырых снеков уменьшалась. Во время выпечки уменьшение размера снеков было вызвано в основном потерей воды, тем не менее обогащение теста насекомыми снизило этот эффект. Аминокислотный профиль снеков изменялся в зависимости от количества добавленной муки из насекомых. Вместе с пшеничной мукой измельченной мучной хрущак является подходящим ингредиентом для производства 3D-печатных продуктов питания со специфическим дизайном и улучшенным питательным качеством без негативного влияния на технологические параметры процесса. Продукты для перекуса станут полезной альтернативой традиционным видам снеков, сохраняя физико-химические характеристики и улучшая их питательные свойства.

## 4. Заключение

Показатели качества продуктов питания не изменяются при частичном замещении ингредиентов компонентами из съедобных насекомых до 15% от общей массы основных составляющих пищевой системы. Наиболее эффективно удается добавлять измельченную энтомологическую массу в такие продукты, как макаронные и хлебобулочные изделия, снеки, разнообразные закуски и энергетические батончики. Такие насекомые, как большой мучной хрущак и домовый сверчок, отлично сочетаются с мукой основных злаковых приводя к повышению содержания общего белка в готовой продукции и снижая в ней количество крахмала. Концентрации от 2 до 15% массовой доли несущественно влияют на органолептическую оценку, оставаясь на вполне удовлетворительном уровне. Однако наблюдается потемнение образцов и появление специфического запаха. Также отмечалось увеличение времени варки макаронных изделий и повышение твердости образцов. Для снеков и хлебобулочных изделий было характерно изменение упругости и твердости образцов. При замещении 2–10% злаковой муки порошком из насекомых наблюдалось повышение питательной ценности продукции.

Некоторые аспекты безопасности пищевых продуктов с добавлением съедобных насекомых, а также методы выращивания и первичной обработки энтомологической биомассы нуждаются в постоянном совершенствовании. Любые продукты, содержащие насекомых, должны иметь маркировку потенциального риска возникновения аллергической реакции на входящие в состав компоненты.

Для развития отрасли съедобных насекомых и с целью повышения потребительского интереса необходимо проведение дополнительных исследований данной продукции нового вида, особенно с учетом органолептических показателей у готовых изделий. Однако популярность продуктов из насекомых в России во многом зависит от осведомленности населения и от уверенности людей в пользе, вкусе и безопасности такой продукции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. FAO (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. Электронный ресурс <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf> Дата доступа 1.05.2023
2. Троцюк, Д. В., Медведев, Д. С., Макаренко, С. В., Юшкова, И. Д., Лапотников, А. В. (2020). Белково-энергетическая недостаточность у лиц пожилого и старческого возраста. *Современные проблемы науки и образования*, 2, 163–163. <https://doi.org/10.17513/spno.29629>
3. Grossmann, L., Weiss, J. (2021). Alternative protein sources as technofunctional food ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 93–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062520-093642>
4. Matassa, S., Boon, N., Pikaar, I., Verstraete, W. (2016). Microbial protein: Future sustainable food supply route with low environmental footprint. *Microbial Biotechnology*, 9(5), 568–575. <https://doi.org/10.1111%2F1751-7915.12369>
5. Regulation (EU) 2015/2283 on novel foods (2021). Электронный ресурс <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R2283> Дата доступа 19.04.2023
6. Van Huis, A., Van Isterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. et al. (2015). Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forest Paper 171. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, Italy, 2015.

- Payne, C., Caparros Megido, R., Dobermann, D., Frédéric, F., Shockley, M., Sogari, G. (2019). Insects as food in the global north—the evolution of the entomophagy movement. Chapter in a book: *Edible Insects in the Food Sector*. Springer, Cham, 2019. [http://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3\\_2](http://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3_2)
- Edible insects market by product (whole insect, insect powder, insect meal, insect oil) insect type (crickets, black soldier fly, mealworms), application (animal feed, protein bar and shakes, bakery, confectionery, beverages) — Forecast to 2032. (2020). Meticulous Market Research Pvt. Ltd., India. Электронный ресурс <https://www.meticulousresearch.com/product/edible-insects-market-5156> Дата доступа 20.05.2023
- El Hajj, R., Mhemdi, H., Besombes, C., Allaf, K., Lefrançois, V., Vorobiev, E. (2022). Edible insects' transformation for feed and food uses: An overview of current insights and future developments in the field. *Processes*, 10(5), Article 970. <https://doi.org/10.3390/pr10050970>
- Garofalo, C., Milanović, V., Cardinali, F., Aquilanti, L., Clementi, F., Osimani, A. (2019). Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Research International*, 125, Article 108527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108527>
- Costa, S., Pedro, S., Lourenço, H., Batista, I., Teixeira, B., Bandarra, N.M. et al. (2020). Evaluation of *Tenebrio molitor* larvae as an alternative food source. *Nutritional and Food Science Journal*, 21, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.10.001>
- Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A.J., Salinas-Castro, A. (2019). Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1166–1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Kroncke, N., Bösch, V., Woyzichovski, J., Demtröder, S., Benning, R. (2018). Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W. et al. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61(6), Article 1600520. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>
- Kamemura, N., Sugimoto, M., Tamehiro, N., Adachi, R., Tomonari, S., Watanabe, T. et al. (2019). Cross-allergenicity of crustacean and the edible insect *Gryllus bimaculatus* in patients with shrimp allergy. *Molecular Immunology*, 106, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.12.015>
- de Gier, S., Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*, 100, 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- Nongonierma, A. B., FitzGerald, R. J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.014>
- International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). (2023). Insects as novel foods — an overview. Электронный ресурс <https://ipiff.org/insects-novel-food-eu-legislation> Дата доступа 19.04.2023
- FAO and WHO (2019). Codex Alimentarius Commission — Procedural Manual twenty-seventh edition. Rome.
- Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Электронный ресурс <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/6ad/TR-TS-PishevayaProd.pdf> Дата доступа 19.04.2023
- Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>
- Brückner, A., Heethoff, M. (2016). Scent of a mite: Origin and chemical characterization of the lemon-like flavor of mite-ripened cheeses. *Experimental and Applied Acarology*, 69, 249–261. <https://doi.org/10.1007/s10495-016-0040-7>
- Shelomi, M. (2015). Why we still don't eat insects: Assessing entomophagy promotion through a diffusion of innovations framework. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2), 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.008>
- Hartmann, C., Siegrist, M. (2016). Becoming an insectivore: Results of an experiment. *Food Quality and Preference*, 51, 118–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.003>
- Pippinato, L., Gasco, L., Di Vita, G., Mancuso, T. (2020). Current scenario in the European edible-insect industry: A preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 371–381. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>
- Menozzi, D., Sogari, G., Veneziani, M., Simoni, E., Mora, C. (2017). Eating novel foods: An application of the Theory of Planned Behaviour to predict the consumption of an insect-based product. *Food Quality and Preference*, 59, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.001>
- Barsics, F., Caparros Megido, R., Brostaux, Y., Barsics, C., Blecker, C., Haubruge, E. et al. (2017). Could new information influence attitudes to foods supplemented with edible insects? *British Food Journal*, 119(9), 2027–2039. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2016-0541>
- Lombardi, A., Vecchio, R., Borrello, M., Caracciolo, F., Cembalo, L. (2019). Willingness to pay for insect-based food: The role of information and carrier. *Food Quality and Preference*, 72, 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.10.001>
- van Thienen, L., Vermuyten, S., Storms, B., Rumpold, B. A., van Campenhout, L. (2018). Consumer acceptance of foods containing edible insects in Belgium two years after their introduction to the market. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(1), 35–44. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0075>
- Tan, H. S. G., Verbaan, Y. T., Stieger, M. (2017). How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods? *Food Research International*, 92, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.021>
- Sogari, G., Menozzi, D., Mora, C. (2019). The food neophobia scale and young adults' intention to eat insect products. *International Journal of Consumer Studies*, 43(1), 68–76. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12485>
- da Rosa Machado, C., Thys, R. C. S. (2019). Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56, Article 102180. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102180>
- Pauter, P., Różańska, M., Wiza, P., Dworczak, S., Grobelna, N., Sarbak, P. et al. (2018). Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(5), 227–233. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0570>
- Xie, X., Yuan, Z., Fu, K., An, J., Deng, L. (2022). Effect of partial substitution of flour with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder on dough and biscuit properties. *Foods*, 11(14), Article 2156. <https://doi.org/10.3390/foods11142156>
- Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2020). Cricket-enriched oat biscuit: Technological analysis and sensory evaluation. *Foods*, 9(11), Article 1561. <https://doi.org/10.3390/foods911561>
- Çabuk, B. (2021). Influence of grasshopper (*Locusta migratoria*) and mealworm (*Tenebrio molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: Nutritional, physicochemical, textural, and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3862–3872. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00967-x>
- Pasini, G., Cullere, M., Vegro, M., Simonato, B., Dalle Zotte, A. (2022). Potentiality of protein fractions from the house cricket (*Acheta domestica*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for pasta formulation. *LWT*, 164, Article 113638. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113638>
- Nilusha, R. A. T., Jayasinghe, J. M. J. K., Perera, O. D. A. N., Perera, P. I. P. (2019). Development of pasta products with nonconventional ingredients and their effect on selected quality characteristics: A brief overview. *International Journal of Food Science*, 2019, Article 6750726. <https://doi.org/10.1155/2019/6750726>
- Dziki, D. (2021). Current trends in enrichment of wheat pasta: Quality, nutritional value and antioxidant properties. *Processes*, 9(8), Article 1280. <https://doi.org/10.3390/pr9081280>
- Biernacka, B., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R. (2021). Common wheat pasta enriched with cereal coffee: Quality and physical and functional properties. *LWT*, 139, Article 110516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110516>
- Duda, A., Adamczak, J., Chełmińska, P., Juskiewicz, J., Kowalczyński, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 8(2), Article 46. <https://doi.org/10.3390/foods8020046>
- García-Segovia, P., Igual, M., Noguerol, A. T., Martínez-Monzó, J. (2020). Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. *European Food Research and Technology*, 246(4), 703–712. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03441-y>
- Borges, M. M., da Costa, D. V., Trombete, F. M., Câmara, A. K. F. I. (2022). Edible insects as a sustainable alternative to food products: An insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, 46, Article 100864. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100864>
- Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, M., Mazurek, A. (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, 159, Article 113220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>
- Severini, C., Azzollini, D., Albenzio, M., Derossi, A. (2018). On printability, quality and nutritional properties of 3D printed cereal based snacks enriched with edible insects. *Food Research International*, 106, 666–676. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.034>

## REFERENCES

- FAO (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013 Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf> Accessed May 1, 2023
- Trotskyuk, D. V., Medvedev, D. S., Makarenko, S. V., Yushkova, I. D., Lapotnikov, A. V. (2020). Protein-energy malnutrition in elderly people. *Modern Problems of Science and Education*, 2, 163–165. <https://doi.org/10.17513/spno.29629> (In Russian)
- Grossmann, L., Weiss, J. (2021). Alternative protein sources as technofunctional food ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 93–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062520-093642>
- Matassa, S., Boon, N., Pikaar, I., Verstraete, W. (2016). Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint. *Microbial biotechnology*, 9(5), 568–575. <https://doi.org/10.1111/2F1751-7915.12369>
- Regulation (EU) 2015/2283 on novel foods (2021). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R2283> Accessed April 19, 2023
- Van Huis, A., Van Itterbeek, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. et al. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forest Paper 171. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, Italy, 2013.
- Payne, C., Caparros Megido, R., Dobermann, D., Frédéric, F., Shockley, M., Sogari, G. (2019). Insects as food in the global north—the evolution of the entomophagy movement. Chapter in a book: *Edible Insects in the Food Sector*. Springer, Cham. [http://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3\\_2](http://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3_2)
- Edible insects market by product (whole insect, insect powder, insect meal, insect oil) insect type (crickets, black soldier fly, mealworms), application (ani-

14. Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W. et al. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61(6), Article 1600520. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>
15. Kamemura, N., Sugimoto, M., Tamehiro, N., Adachi, R., Tomonari, S., Watanabe, T. et al. (2019). Cross-allergenicity of crustacean and the edible insect *Gryllus bimaculatus* in patients with shrimp allergy. *Molecular Immunology*, 106, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.12.015>
16. de Gier, S., Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*, 100, 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
17. Nongonierma, A. B., FitzGerald, R. J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.014>
18. International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF) (2023). Insects as novel foods — an overview. Retrieved from <https://ipiff.org/insects-novel-food-eu-legislation> April 19, 2023
19. FAO and WHO. (2019). Codex Alimentarius Commission — Procedural Manual twenty-seventh edition. Rome.
20. Technical regulation of the Customs Union TR CU021/2011 “On food safety”. Retrieved from: <https://eec.eaunion.org/upload/medialibrary/6ad/TR-TS-Pi-shevayaProd.pdf> Accessed April 19, 2023 (In Russian)
21. Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>
22. Brückner, A., Heethoff, M. (2016). Scent of a mite: Origin and chemical characterization of the lemon-like flavor of mite-ripened cheeses. *Experimental and Applied Acarology*, 69, 249–261. <https://doi.org/10.1007/s10495-016-0040-7>
23. Shelomi, M. (2015). Why we still don't eat insects: Assessing entomophagy promotion through a diffusion of innovations framework. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2), 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.008>
24. Hartmann, C., Siegrist, M. (2016). Becoming an insectivore: Results of an experiment. *Food Quality and Preference*, 51, 118–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.003>
25. Pippinato, L., Gasco, L., Di Vita, G., Mancuso, T. (2020). Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 371–381. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>
26. Menozzi, D., Sogari, G., Veneziani, M., Simoni, E., Mora, C. (2017). Eating novel foods: An application of the Theory of Planned Behaviour to predict the consumption of an insect-based product. *Food Quality and Preference*, 59, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.001>
27. Barsics, F., Caparros Megido, R., Brostaux, Y., Barsics, C., Blecker, C., Haubruge, E. et al. (2017). Could new information influence attitudes to foods supplemented with edible insects? *British Food Journal*, 119(9), 2027–2039. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2016-0541>
28. Lombardi, A., Vecchio, R., Borrello, M., Caracciolo, F., Cembalo, L. (2019). Willingness to pay for insect-based food: The role of information and carrier. *Food Quality and Preference*, 72, 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.10.001>
29. van Thiel, L., Vermuyten, S., Storms, B., Rumpold, B. A., van Campenhout, L. (2018). Consumer acceptance of foods containing edible insects in Belgium two years after their introduction to the market. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(1), 35–44. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0075>
30. Tan, H. S. G., Verbaan, Y. T., Stieger, M. (2017). How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods? *Food Research International*, 92, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.021>
31. Sogari, G., Menozzi, D., Mora, C. (2019). The food neophobia scale and young adults' intention to eat insect products. *International Journal of Consumer Studies*, 43(1), 68–76. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12485>
32. da Rosa Machado, C., Thys, R. C. S. (2019). Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56, Article 102180. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102180>
33. Pauter, P., Róžańska, M., Wiza, P., Dworczak, S., Grobelna, N., Sarbak, P. et al. (2018). Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(3), 227–235. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0570>
34. Xie, X., Yuan, Z., Fu, K., An, J., Deng, L. (2022). Effect of partial substitution of flour with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder on dough and biscuit properties. *Foods*, 11(14), Article 2156. <https://doi.org/10.3390/foods11142156>
35. Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2020). Cricket-enriched oat biscuit: Technological analysis and sensory evaluation. *Foods*, 9(11), Article 1561. <https://doi.org/10.3390/foods9111561>
36. Çabuk, B. (2021). Influence of grasshopper (*Locusta migratoria*) and mealworm (*Tenebrio molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: Nutritional, physicochemical, textural, and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3862–3872. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00967-x>
37. Pasini, G., Cullere, M., Vegro, M., Simonato, B., Dalle Zotte, A. (2022). Potentiality of protein fractions from the house cricket (*Acheta domestica*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for pasta formulation. *LWT*, 164, Article 113658. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113658>
38. Nilusha, R. A. T., Jayasinghe, J. M. J. K., Perera, O. D. A. N., Perera, P. I. P. (2019). Development of pasta products with nonconventional ingredients and their effect on selected quality characteristics: A brief overview. *International Journal of Food Science*, 2019, Article 6750726. <https://doi.org/10.1155/2019/6750726>
39. Dziki, D. (2021). Current trends in enrichment of wheat pasta: Quality, nutritional value and antioxidant properties. *Processes*, 9(8), Article 1280. <https://doi.org/10.3390/pr9081280>
40. Biernacka, B., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R. (2021). Common wheat pasta enriched with cereal coffee: Quality and physical and functional properties. *LWT*, 139, Article 110516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110516>
41. Duda, A., Adamczak, J., Chelmińska, P., Juszkiewicz, J., Kowalczewski, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 8(2), Article 46. <https://doi.org/10.3390/foods8020046>
42. García-Segovia, P., Igual, M., Noguerol, A. T., Martínez-Monzó, J. (2020). Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. *European Food Research and Technology*, 246(4), 703–712. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03441-y>
43. Borges, M. M., da Costa, D. V., Trombete, F. M., Câmara, A. K. F. I. (2022). Edible insects as a sustainable alternative to food products: An insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, 46, Article 100864. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100864>
44. Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, M., Mazurek, A. (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, 159, Article 113220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>
45. Severini, C., Azzollini, D., Albenzio, M., Derossi, A. (2018). On printability, quality and nutritional properties of 3D printed cereal based snacks enriched with edible insects. *Food Research International*, 106, 666–676. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.034>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
<b>Принадлежность к организации</b>	<b>Affiliation</b>
<p><b>Кузнецова Ксения Геннадьевна</b> — младший научный сотрудник, лаборатория промышленных биотехнологических инноваций, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55 Тел.: +7-981-950-04-51 E-mail: k.kuznetsova@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5427-8532">https://orcid.org/0000-0001-5427-8532</a></p> <p><b>Ситнов Вениамин Юрьевич</b> — директор, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55 Тел.: +7-812-272-22-19 E-mail: v.sitnov@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1927-1997">https://orcid.org/0000-0003-1927-1997</a></p> <p><b>Рябухин Дмитрий Сергеевич</b> — кандидат химический наук, заведующий лабораторией промышленных биотехнологических инноваций, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55 Тел.: +7-812-272-22-19 E-mail: d.ryabukhin@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5345-0038">https://orcid.org/0000-0001-5345-0038</a> * автор для контактов</p>	<p><b>Kseniia G. Kuznetsova</b>, Junior Researcher, Laboratory of Industrial Biotechnological Innovations, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteyny Prospekt, St Petersburg, 191014, Russia Tel.: +7-981-950-04-51 E-mail: k.kuznetsova@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5427-8532">https://orcid.org/0000-0001-5427-8532</a></p> <p><b>Veniamin Yu. Sitnov</b>, Director, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteyny Prospekt, St Petersburg, 191014, Russia Tel.: +7-812-272-22-19 E-mail: v.sitnov@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1927-1997">https://orcid.org/0000-0003-1927-1997</a></p> <p><b>Dmitry S. Ryabukhin</b>, Candidate of Chemical Sciences, Head of Laboratory of Industrial Biotechnological Innovations, All-Russia Research Institute for Food Additives 55, Liteyny Prospekt, St Petersburg, 191014, Russia Tel.: +7-812-272-22-19 E-mail: d.ryabukhin@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5345-0038">https://orcid.org/0000-0001-5345-0038</a> * corresponding author</p>
<b>Критерии авторства</b>	<b>Contribution</b>
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interest</b>
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.