

Энтомофагия как альтернативный источник белка и новая пищевая стратегия

И.В. Широлапов^{1,2*}, О.А. Маслова², К.М. Барашкина²,
Ю.С. Комарова², В.Ф. Пятин^{1,2}

¹Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Россия;

²Научно-исследовательский институт Нейронаук Самарского государственного
медицинского университета, г. Самара, Россия

Реферат

В связи с прогнозируемым ростом населения мира необходимы увеличение производства продуктов питания в устойчивом коммерческом масштабе, поиск альтернативных источников белка и переход к новым стратегиям пищевого поведения. В статье приведён обзор существующей актуальной научной информации на основании анализа публикаций в международных (PubMed, MedLine, Google Scholar) и отечественных (РИНЦ) электронных базах данных. В обзоре рассмотрены феномен энтомофагии как потенциальное решение проблемы нехватки продовольствия в мире, её биомедицинские, экологические, социокультурные, эволюционные и экономические особенности. Описаны виды наиболее часто употребляемых съедобных насекомых и страны, в которых продукты из биомассы насекомых стали традиционными в рационе питания населения. Освещены пищевая ценность и отношение к таким продуктам потребителей. Продукты из биомассы насекомых характеризуются высоким содержанием белков, жиров, минеральных элементов, витаминов и превосходят по калорийности традиционные источники белка животного и растительного происхождения, в связи с этим энтомофагия имеет профилактический потенциал при составлении рациона питания и лечении при нарушениях обмена веществ, остеопорозе и других нозологиях. В статье отмечены гендерные отличия в отношении приверженности к энтомофагии в России. Несмотря на выявленные ценности энтомофагии, остаётся не до конца решённым вопрос пищевой безопасности для человека. Среди основных опасений выделяют развитие возможных аллергических реакций, содержание патогенных микроорганизмов и вредных веществ в составе пищи из биомассы насекомых. В обзоре представлены перспективы увеличения доли потребления продуктов из насекомых и экономические преимущества, которые повлечёт глобализация энтомофагии. **Ключевые слова:** энтомофагия, съедобные насекомые, пищевая ценность, поведение потребителей, биомасса из насекомых.

Для цитирования: Широлапов И.В., Маслова О.А., Барашкина К.М., Комарова Ю.С., Пятин В.Ф. Энтомофагия как альтернативный источник белка и новая пищевая стратегия. *Казанский мед. ж.* 2023;104(5):733–740. DOI: 10.17816/KMJ123526.

REVIEW | DOI: 10.17816/KMJ123526

Entomophagy as an alternative source of protein and a new food strategy

I.V. Shirolapov^{1,2*}, O.A. Maslova², K.M. Barashkina², Yu.S. Komarova², V.F. Pyatin^{1,2}

¹Samara State Medical University, Samara, Russia;

²Scientific Research Institute of Neurosciences, Samara State Medical University, Samara, Russia

Abstract

With the projected growth of the world population, an increase in food production on a sustainable commercial scale, the search for alternative sources of protein and a shift to new eating strategies are needed. The article provides an overview of the existing relevant scientific information based on the analysis of publications in

*Для переписки: ishirolapov@mail.ru

Поступила 03.02.2023; принята в печать 13.03.2023;

опубликована: 30.06.2023.

© Эко-Вектор, 2023. Все права защищены.

*For correspondence: ishirolapov@mail.ru

Submitted 03.02.2023; accepted 13.03.2023;

published: 30.06.2023.

© Eco-Vector, 2023. All rights reserved.

international (PubMed, MedLine, Google Scholar) and domestic (RSCI) electronic databases. The review considers the phenomenon of entomophagy as a potential solution to the problem of food shortage in the world, its biomedical, ecological, sociocultural, evolutionary and economic features. The species of the most commonly used edible insects and the countries in which insect biomass products have become traditional in the diet of the population are described. The nutritional value and consumer attitude to such products are highlighted. Insect biomass products are characterized by a high content of proteins, fats, minerals, vitamins and are superior in calories to traditional sources of animal and vegetable protein. In this regard, entomophagy has a preventive potential in the preparation of a diet and treatment for metabolic disorders, osteoporosis and other nosologies. The article notes gender differences in relation to adherence to entomophagy in Russia. Despite the revealed values of entomophagy, the issue of food safety for humans remains unresolved. Among the main concerns are the development of possible allergic reactions, the content of pathogenic microorganisms and harmful substances in the composition of food from insect biomass. The review presents the prospects for increasing the share of consumption of insect products and the economic benefits that the globalization of entomophagy will entail.

Keywords: entomophagy, edible insects, nutritional value, consumer behavior, insect biomass.

For citation: Shirolapov IV, Maslova OA, Barashkina KM, Komarova YuS, Pyatin VF. Entomophagy as an alternative source of protein and a new food strategy. *Kazan Medical Journal*. 2023;104(5):733–740. DOI: 10.17816/KMJ123526.

Введение

Энтомофагия (термин «entomophagy» используется в англоязычной научной литературе) — употребление в пищу насекомых — рассматривают в качестве альтернативного источника белка и «новой» пищевой стратегии для общества Западной Европы и России. В странах тропической климатической полосы использование съедобных насекомых коренным населением на протяжении тысячи лет и более способствует продовольственной безопасности — насекомые не только представляют питательную ценность, но и обеспечивают источник дохода при их реализации [1–3].

В странах Западной Европы активно изучают возможность такого подхода, вызванного необходимостью поиска альтернативных источников белка, который можно производить в устойчивом коммерческом масштабе [4, 5]. Численность мирового населения, а также спрос на мясные продукты увеличиваются, в то время как доступная площадь земель для животноводства ограничена. Это усугубляется глобальными экологическими проблемами, такими как изменение климата из-за выбросов парниковых газов, подкисление почвы из-за выщелачивания аммиака, вырубка лесов, эрозия почвы, опустынивание, потеря биоразнообразия растений и антропогенное загрязнение воды [5, 6].

Вместе с тем требует дальнейшей детальной проработки вопрос, является ли масштабное промышленное производство насекомых в качестве альтернативного источника белка экологически более устойчивым, чем отрасль животноводства [1–6]. В настоящем обзоре авторы описывают факторы, способствующие глобализации энтомофагии, пищевую ценность

съедобных насекомых и географию их потребления, перспективы увеличения количества продуктов из насекомых, а также экономические преимущества и влияние на экологию при дальнейшем развитии такой пищевой стратегии.

Цель работы — систематизация ключевых аспектов и научных данных актуальных исследований в области энтомофагии как альтернативного источника питательных веществ для человека.

Питание как глобальный социальный конструкт

По прогнозам Организации Объединённых Наций (ООН) и, в частности, FAO (от англ. Food and Agriculture Organization — Продовольственная и сельскохозяйственная организация, относящаяся к ООН), к 2050 г. население мира может достичь примерно 9,7 млрд человек, а потребность в еде увеличится на 70% [7]. В связи с этим производство достаточного количества продуктов питания в устойчивом коммерческом масштабе становится неотложной и важной проблемой.

При этом этические и экологические проблемы, связанные с традиционным производством мяса как основного источника белка, усугубятся сильнее, поскольку миллионы человек, преодолевающих бедность в развивающихся странах, способствуют прогнозируемому увеличению спроса на мясо животных на 73% к 2050 г. Ресурсы планеты не способны бесконечно развивать животноводство, так как около 75% мировых сельскохозяйственных угодий уже задействованы в сфере животноводства. На нужды сельского и животноводческого хозяйства тратится около 70% запасов пресной воды. Считают, что это приводит к увеличению

выбросов парникового газа в атмосферу, который, в свою очередь, является одним из факторов глобального потепления [8–11].

Решению этих проблем могут способствовать различные виды заменителей мяса и альтернативные источники белка. По этой причине ООН (FAO) рассматривает энтомофагию как потенциальное решение проблемы нехватки продовольствия в мире [7, 12, 13].

Энтомофагию нельзя назвать новым явлением для человечества, хотя до недавнего времени насекомых не выращивали в промышленных масштабах для использования в качестве пищи человека. Большинство съедобных насекомых добывают в дикой природе, особенно в отдалённых сельских районах и тропических странах с высоким биоразнообразием, где насекомые на протяжении тысячелетий были источником питания [12, 14, 15]. По некоторым оценкам, насекомые входят в рацион питания порядка 2 млрд людей на нашей планете и всегда были частью традиционной кухни населения стран Азии, Латинской Америки и Африки [2, 14, 15].

Для разведения насекомых нужны меньшие площади земельных угодий и водных ресурсов по сравнению с производством традиционных источников белка. Промышленное получение пищи из биомассы насекомых в качестве альтернативного источника белка снизит глобальную нагрузку на сектор животноводства, одновременно уменьшая вредное воздействие на окружающую среду. В настоящее время идут нейромаркетинговые исследования в отношении перспективы увеличения доли продуктов, производимых из насекомых, на мировом рынке до 30% в качестве «новой» пищи. В таких работах среди причин, обуславливающих актуальность освоения и развития новых источников белка, отдельно называют гуманистические факторы и формирование тренда у потребителей к разумному потреблению продуктов питания [6, 13, 16, 17].

Пищевая ценность съедобных насекомых

Процентное содержание макро- и микронутриентов в конкретном насекомом зависит от его вида, рациона и стадии развития. Многие съедобные насекомые считаются высокопитательной пищей с высоким содержанием белков, жиров, минеральных элементов, витаминов и превосходят по калорийности традиционные источники белка животного и растительного происхождения [1, 3].

Основную питательную ценность продуктов из насекомых составляет белок, содержание которого в зависимости от типа насекомых варьи-

рует в среднем от 33,5 до 64,7%. Содержание белка в образцах насекомых в пересчёте на сырую массу колеблется от 27 г на 100 г тутового шелкопряда до 54 г до 100 г домашнего сверчка, тогда как содержание белка в продуктах из животного мяса составляет 18,6 г на 100 г для говядины, 14,3 г на 100 г для свинины и 18,2 г на 100 г для куриного мяса [1, 2].

Доля белка в общей массе насекомых может достигать 80%, при этом полноценность белка из биомассы насекомых сопоставима с таковой белков животного происхождения. К примеру, личинки *A. Diaperinus* (мини-мучник), *T. molitor* (мучной хрущак) и *Z. Morio* (зофобас) содержат все незаменимые аминокислоты в количестве, необходимом для человека. В составе съедобных насекомых отмечено большее количество полиненасыщенных жирных кислот. Содержание жиров различается также в зависимости от вида насекомых, например данные для чёрного муравья и крылатых термитов составляют 49,8 и 34,1% соответственно.

Энергетическая ценность (средние значения) питания из насекомых варьирует от 128–153 ккал на 100 г продукта (для тутового шелкопряда и сверчков) до 409–499 ккал на 100 г продукта (для гусеницы мопане, пальмового долгоносика и пчелы), что значительно больше, чем калорийность традиционных видов мяса (92–218 ккал на 100 г продукта). В составе съедобных насекомых отмечено высокое содержание кальция (30–700 мг) и железа (1,8–18,5 мг) на 100 г сухой массы, а также других минеральных веществ и витаминов (таких, как тиамин, рибофлавин, витамины А и С).

Благодаря таким свойствам продуктов питания из насекомых энтомофагия имеет профилактический потенциал при составлении рациона питания и лечении, например нарушений обмена веществ, остеопороза и др. [18–22].

Пищевой состав съедобных насекомых детально изучают. Ряд исследователей указывают, что насекомые в питательном отношении предпочтительнее других источников белка растительного или животного происхождения [2, 18, 20, 22]. В масштабном исследовании С. Рауне [2] представлена систематически собранная информация об относительной пищевой ценности доступных в продаже продуктов из съедобных насекомых (таких, как сверчки, тутовый шелкопряд, гусеница мопане, пальмовый долгоносик, мучной червь) в сравнении с традиционно употребляемыми видами мяса (курица, говядина, свинина) и их субпродуктами.

Авторами использованы специализированные модели профилирования питательных

веществ, что позволило провести прямое сравнение и оценку влияния на здоровье человека. Так, куриные субпродукты отличаются наиболее высоким содержанием насыщенных жиров (12,1 г на 100 г), насекомые при этом имеют гораздо больший диапазон медианных значений (от 2,28 до 9,84 г насыщенных жиров на 100 г). Средние значения содержания натрия в насекомых (0–152 мг на 100 г) также демонстрируют больший диапазон, чем у мяса (60–132 мг на 100 г). Содержание белка в составе съедобных насекомых оценено в диапазоне от 9,96 до 35,2 г белка на 100 г по сравнению с 16,8 г (курица) и 20,6 г (говядина) для мяса.

Отмечено, что среднее содержание железа в сверчках и пчёлах на 180 и 850% соответственно больше, чем в говядине, которая имеет самое высокое содержание железа из трёх видов мяса [2]. В составе всех исследованных насекомых было выше содержание кальция и рибофлавина, чем в любом виде мяса или мясных субпродуктах.

Ключевой вывод: по мнению авторов исследования, насекомые значительно различаются между видами по содержанию питательных и минеральных веществ, следовательно, их потенциал для борьбы с важнейшими проблемами общественного здравоохранения также сильно варьирует. Авторами отдельно отмечено, что мясные продукты могут быть питательнее насекомых в условиях избыточного потребления пищи, и наоборот, некоторые съедобные насекомые потенциально превосходят мясные источники белка в условиях недостаточного питания.

Основные группы съедобных насекомых и их география

Съедобными считают около 2000 видов насекомых, и это число непрерывно растёт. К основным группам съедобных насекомых в настоящее время относятся жесткокрылые (жуки семейств *Dytiscidae*, *Gyrinidae* и *Hydrophilidae*, *Rynchophorus* и др.), чешуекрылые (бабочки — обычно употребляют гусениц, например *Imbrasia belina*, *Saturniidae*, *Omphisa fuscidentalis*, *Endoxyla leucotomochla*), перепончатокрылые (осы, пчёлы, муравьи, например *Polymachis dives*, *Vespa* и *Dolichovespula spp.*, *Atta mexicana*, *Atta cephalotus*, *Bombycidae*, *Meliponidae* и *Apiidae*), прямокрылые (саранчовые, кузнечики и сверчки, в частности *Ruspolia differens*, *Oxya yezoensis*, *Patanga succincta*, *Sphenarium purpurascens*, *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus*), термиты (*Macrotermes*, *Syntermes*), полужёсткокрылые (клопы *Agonoscelis versicolor*, *Corixidae*

и *Notonectidae*, *Pentatomid*, *Tessaratomae*, *Encosternum delegorguei*) [4, 16, 23]. В целом наиболее часто потребляемыми насекомыми являются: жуки (31%), гусеницы (18%), пчёлы, муравьи и осы (14%), кузнечики, саранча и сверчки (13%), полужёсткокрылые (10%), стрекозы (3%), термиты (3%) и мухи (2%) [22, 23].

Энтомофагия распространена на протяжении тысячелетий среди населения стран Юго-Восточной Азии, Латинской Америки и Африки, где отмечено высокое биоразнообразие и зарегистрировано наибольшее количество съедобных видов насекомых. Употребление пищи из насекомых в большей или меньшей степени практикуют более чем в 110 странах мира, но оно остаётся ограниченным среди пищевых культур в Западной Европе и России. Диетические правила и положения могут регулироваться множеством факторов, таких как психологические барьеры и религиозные убеждения, жизненный цикл человека, проявление или отсутствие болезней [13, 14, 23–25].

В Азиатско-Тихоокеанском регионе, например в Китае, съедобных насекомых выращивают как для еды, так и для приготовления лекарственных средств и корма для животных [11, 26]. При этом часть насекомых полностью проходит доместикацию [26]. В соответствии с данными R. Köhler, в Таиланде официально выделяют три группы людей, употребляющих в пищу насекомых [27]:

- «ностальгирующие потребители», родившиеся в провинции, где была распространена энтомофагия;
- «городские потребители», для которых употребление насекомых в пищу стало новым явлением и в последующем крепко вошло в их повседневный образ жизни;
- иностранные туристы, привлечённые новизной употребления в пищу различных насекомых, приготовленных в качестве деликатесов.

В Латинской Америке, в частности в Мексике, потребление съедобных насекомых — традиционное явление, о чём свидетельствует продажа таких продуктов на открытых рынках [28, 29]. Энтомофагия широко распространена среди коренного населения большинства южноафриканских стран [23, 30].

Съедобные насекомые служат важным природным ресурсом, который используют в качестве стратегии выживания, особенно в периоды нехватки продовольствия, например во время засухи или других климатических катаклизмов [30, 31].

Нейромаркетинг и экономический потенциал в сфере энтомофагии

Среди большинства европейского населения недоверие к энтомофагии как к «новому» социальному явлению в сфере питания может быть сформировано ошибочным убеждением, что насекомые и, в частности, пища на их основе вредны для человека (в действительности только 0,2% насекомых опасны) [8, 13]. Примечательно, что внешний вид и текстура насекомых препятствует их потреблению сильнее, чем их вкусовые характеристики. С другой стороны, согласно нейромаркетинговым исследованиям, респонденты из европейских стран готовы употреблять промышленно произведённые продукты из биомассы насекомых, принимая во внимание, что такое питание может характеризоваться более высокой питательной и энергетической ценностью [1, 6, 16, 32–34].

Вместе с тем, практика употребления насекомых в пищу может привлечь потребителей, которые в гуманистических целях ищут новые варианты питания с целью сократить потребление животного мяса. Проведено исследование [35], целью которого было изучить, как участники проекта оценивают людей, перешедших на потребление продуктов на основе насекомых. В соответствии с результатами, такие потребители характеризовались как более экологически настроенные, пропагандирующие здоровый образ жизни и готовые к новым вызовам, решениям и переменам.

В работе Полубесовой и соавт. [36] определены гендерные различия в отношении приверженности к энтомофагии в России. В соответствии с результатами, во всех случаях женщины в 1,5–2 раза более негативно настроены по этому вопросу, чем мужчины. Среди общего количества ответивших 44% высказались в пользу запрета на производство съедобных насекомых в России, при этом мужчины придерживаются запрета в 2 раза реже, чем женщины. Также женщины более озабочены возникновением аллергических реакций на новый продукт, по сравнению с мужчинами. Такие результаты связаны с опасениями респондентов насчёт безопасности употребления насекомых в пищу, в частности около 30% опрошенных мужчин и женщин отмечали отсутствие достаточного количества научной информации о съедобных насекомых, считая это возможной причиной отказа от их употребления другими людьми.

Одновременно известно [23, 30, 31], что среди коренного населения африканских стран с традиционной практикой энтомофагии женщины, наоборот, характеризуются более насыщен-

ным опытом сбора и приготовления питания из биомассы насекомых и различают их по видам лучше, чем мужчины. К тому же у мужчин и женщин определяются разные роли в практике сбора и разведения насекомых, что может быть связано с различиями в биологических потребностях и диете. Мы предполагаем, что проведение новых научных исследований в данной области, использование различных маркетинговых стратегий и коммуникаций могли бы способствовать изменению мнения респондентов и повышению их доверия в отношении продуктов питания на основе насекомых [33, 35, 36].

В условиях глобального роста численности населения и антропогенного изменения климата в рамках поиска экономического преимущества и продовольственной безопасности предприятия принимают различные попытки найти более устойчивые источники питательных веществ, особенно белковой природы. Многих насекомых можно выращивать с относительно более низкими экономическими и экологическими затратами. Рассчитано, что в промышленном производстве насекомых можно использовать на 50–90% меньше земли на 1 кг белка, на 40–80% меньше корма на 1 кг съедобного веса, при этом выбросов парниковых газов на 1000–2700 г меньше на 1 кг прироста массы, чем в отрасли животноводства [2, 4, 7, 33, 36]. Однако в Западной Европе и России пища на основе насекомых — сравнительно новый продукт, и информации о безопасности и питательной ценности съедобных насекомых недостаточно, тем более что они представляют такую разнообразную категорию [6, 16, 36].

В последнее десятилетие в странах Евросоюза создан международный консорциум IPIFF (от англ. International Platform of Insects for Food and Feed — Международная платформа для продовольствия и кормов из насекомых), который работает над изменением законов в пользу большей свободы в маркетинге энтомофагии [7, 37, 38]. Это не только способствует тому, чтобы пищевые продукты из насекомых поступали на европейские рынки, но также увеличивает значимость систематических исследований пищевой ценности и безопасности существующих в продаже съедобных насекомых для человека.

Регулярные рекламные кампании по улучшению восприятия, вкуса и внешнего вида съедобных насекомых успешно снижают негативное отношение к ним в некоторых странах Западной Европы. К примеру, потребители в Бельгии всё чаще считают насекомых полезным и разумным источником пищи. Также происходит рост продаж продуктов из биомас-

сы насекомых в Нидерландах, в частности лиофилизированный порошок из насекомых предложен в качестве заменителя мяса [8, 10, 37, 38].

Объём рынка съедобных насекомых превысил сотни миллионов долларов в мире на рубеже последнего десятилетия, и по прогнозам к 2026 г. эта цифра превысит 1,5 млрд долларов [39]. По оценке FAO, ёмкость рынка съедобных насекомых сегодня уже составляет около \$400 млн. За счёт сектора промышленного разведения насекомых планируется увеличить количество рабочих мест, способствуя тем самым развитию экономического потенциала вовлечённых стран.

Согласно последним статистическим данным, объём рынка съедобных насекомых только в Азиатско-Тихоокеанском регионе в ближайшие годы может достичь 470 млн долларов США [26, 39]. Прогнозируют, что рынки Европы и Латинской Америки за 5 лет покажут почти 3-кратный рост (со 170 до 500 млн долларов США), в Северной Америке вырастет более чем в 3 раза, где показатель составит более \$150 млн. В настоящее время разведение съедобных насекомых служит одним из основных источников дохода для стран, практикующих энтомофагию. В целом такая культура питания становится всё более убедительной на мировом рынке продуктов питания. [26, 27, 33, 39, 40].

Сегодня среди устойчивых производителей на рынках продуктов из биомассы насекомых можно выделить такие компании, как Entomotech (Испания), Meertens (Нидерланды), Agriprotein (Великобритания-ЮАР), Ynsect (Франция), Proteinsect (Нидерланды), Protix (Нидерланды), Enterra (Канада), Big Cricket Farms (США).

Согласно мнению экспертов FAO, наиболее перспективными съедобными насекомыми для промышленного разведения считаются муха чёрная львинка, муха домашняя, саранча перелётная, саранча пустынная, сверчок домашний, сверчок двупятнистый, мучной хрущак, зофобас и мраморный таракан, а также мухи из семейства каллифорид.

Таким образом, энтомофагия как альтернативный источник белка для человека может сыграть важную роль в преодолении нарастающего кризиса дефицита питания населения планеты. Насекомые содержат достаточное количество макро- и микронутриентов, которые способны обеспечить продовольственную безопасность, а проводимые нейромаркетинговые исследования показывают, что современное общество готово сделать очередной шаг к употреблению насекомых [7, 13, 16, 41].

Заключение

На основе современной информации в перспективе предложено дальнейшее изучение различий в мотивах потребления, восприятии и отношении к социально-экономическим и демографическим профилям потребителей. В настоящее время энтомофагия не только представляется альтернативной стратегией потребления пищи, способствующей решению проблемы продовольственной безопасности, но и обеспечивает концептуальную основу, в которой определяются ключевые факторы, связанные с общественным принятием и перспективой роста промышленного производства продуктов питания из биомассы насекомых.

Несмотря на выявленные ценности и возможные преимущества энтомофагии остаётся не до конца решённым вопрос пищевой безопасности для человека. Так, среди основных опасений потребителей можно выделить развитие возможных аллергических реакций, содержание патогенных микроорганизмов и вредных веществ в составе насекомых. Однако промышленное производство с использованием сертифицированных технологий переработки и приготовления питания из биомассы насекомых на основе существующих и новых научных данных в этой сфере будет способствовать глобализации такой пищевой стратегии [1, 3, 20, 36, 41].

Следует заключить, что область исследований, изучающая энтомофагию в качестве альтернативного источника питания, в настоящее время быстро развивается, и такой научный и прикладной интерес, без сомнения, способствует дальнейшему развитию этого направления в обозримом будущем.

Участие авторов. И.В.Ш. — концепция и дизайн работы, редактирование текста, приведение к финальной версии; О.А.М. — редактирование текста, разработка концепции статьи; Ю.С.К. — сбор, анализ, обзор информации; К.М.Б. — сбор, анализ, обзор информации, техническое редактирование текста; В.Ф.П. — руководство работой.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baiano A. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends Food Sci Technol.* 2020;100:35–50. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.040.

2. Payne C, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. Are edible insects more or less “healthy” than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *Eur J Clin Nutr.* 2016;70:285–291. DOI: 10.1038/ejcn.2015.149.
3. Rumpold B, Schluter O. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res.* 2013;57:802–823. DOI: 10.1002/mnfr.201200735.
4. Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi C, Paoletti M, Ricci A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2013;12:296–313. DOI: 10.1111/1541-4337.12014.
5. Sierra JJ, Turri AM, Taute HA. Unhealthy food and beverage consumption: An investigative model. *J Food Business Res.* 2015;18(5):470–488. DOI: 10.1080/15378020.2015.1093453.
6. Канунникова К.И., Хвойников А.Н., Павлова Е.А., Орлова О.Ю. Перспективы развития рынка FoodTech в России. *Вопросы инновационной экономики.* 2021;11(2):523–536. [Kanunnikova KI, Khvoynikov AN, Pavlova EA, Orlova OYu. Prospects for the development of the FoodTech market in Russia. *Russian Journal of Innovation Economics.* 2021;11(2):523–536. (In Russ.)] DOI: 10.18334/vinec.11.2.112082.
7. FAO webportal. <https://www.fao.org/edible-insects/en/> (access date: 31.01.2023).
8. Verbeke W. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Qual Prefer.* 2015;39:147–155. DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.07.008.
9. Doreau M, Corson MS, Wiedemann SG. Water use by livestock: A global perspective for a regional issue? *Animal Frontiers.* 2012;2:9–16. DOI: 10.2527/af.2012-0036.
10. House J. Modes of eating and phased routinisation: Insect-based food practices in the Netherlands. *Sociology.* 2019;53(3):451–467. DOI: 10.1177/0038038518797498.
11. Dai X, Zhanli SUN, Müller D. Driving factors of direct greenhouse gas emissions from China’s pig industry from 1976 to 2016. *J Integr Agric.* 2021;20(1):319–329. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63425-6.
12. Godfray HC. Linking policy on climate and food. *Science.* 2011;331(6020):1013–1014. DOI: 10.1126/science.1202899.
13. Mancini S, Moruzzo R, Riccioli F, Paci G. European consumers’ readiness to adopt insects as food. A review. *Food Res Int.* 2019;122:661–678. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.01.041.
14. Batat W, Peter P. The healthy and sustainable bugs appetite: factors affecting entomophagy acceptance and adoption in Western food cultures. *Journal Consum Marketing.* 2020;37:291–303. DOI: 10.1108/JCM-10-2018-2906.
15. Van Huis A. *Edible insects: future prospects for food and feed security.* Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. 187 p.
16. Kröger T, Dupont J, Büsing L, Fiebelkorn F. Acceptance of insect-based food products in Western societies: A systematic review. *Front Nutr.* 2022;21(8):759885. DOI: 10.3389/fnut.2021.759885.
17. Alexander P. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security.* 2017;15:22–32. DOI: 10.1016/j.gfs.2017.04.001.
18. Meyer-Rochow VB, Jung C. Insects used as food and feed: isn’t that what we all need? *Foods.* 2020;9(8):1003. DOI: 10.3390/foods9081003.
19. Elhassan M. Quality aspects of insects as food — nutritional, sensory, and related concepts. *Foods.* 2019; 8(3):95. DOI: 10.3390/foods8030095.
20. Raheem D. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Res Intern.* 2019; 126:108672. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108672.
21. Sosa DAT, Fogliano V. Potential of insect-derived ingredients for food applications. In: *Insect Physiology and Ecology.* Rijeka: InTech; 2017. p. 215–231. DOI: 10.5772/67318.
22. Orkusz A. Edible insects versus meat — Nutritional Comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients.* 2021;13(4):1207. DOI: 10.3390/nu13041207.
23. Бутовский Р.О. Насекомые как пищевой ресурс коренных народов. *Охрана окружающей среды и заповедное дело.* 2020;(1):153–167. [Butovsky RO. Insects as a food resource in indigenous people. *Okhrana okruzhayushchey sredy i zapovednoye delo.* 2020;(1):153–167. (In Russ.)] EDN: QZOOKC.
24. Bartkovicz J. Attitude toward food in aspect of risks and benefits related to the consumption of edible insects by Polish consumers. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2020;71(1):67–79. DOI: 10.32394/rpzh.2020.0107.
25. Jongema Y. <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> (version updated 2017) (access date: 31.01.2023).
26. Feng Y. Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science.* 2018;25(2):184–198. DOI: 10.1111/1744-7917.12449.
27. Köhler R. Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *J Asia Pac Entomol.* 2019;22(1):372–378. DOI: 10.1016/j.aspen.2019.02.002.
28. Hurd KJ. The cultural importance of edible insects in Oaxaca, Mexico. *Ann Entomol Soc Am.* 2019;112(6):552–559. DOI: 10.1093/aesa/saz018.
29. Costa-Neto EM. Edible insects in Latin America: Old challenges, new opportunities. *Journal of Insects as Food and Feed.* 2016;2(1):1–2. DOI: 10.3920/JIFF2016.001.
30. Hlongwane ZT, Slotow R, Munyai TC. Indigenous knowledge about consumption of edible insects in South Africa. *Insects.* 2021;12(1):22. DOI: 10.3390/insects12010022.
31. Hlongwane ZT, Slotow R, Munyai TC. Nutritional composition of edible insects consumed in Africa: A systematic review. *Nutrients.* 2020;12(9):2786. DOI: 10.3390/nu12092786.
32. Orkusz A. Consumers’ attitudes facing entomophagy: Polish case perspectives. *Int J Environ Res.* 2020;17(7):2427. DOI: 10.3390/ijerph17072427.
33. Van Huis A. Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc.* 2016;75(3):294–305. DOI: 10.1017/S0029665116000069.
34. Carcea M. Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods.* 2020;9(9):1298. DOI: 10.3390/foods9091298.
35. Hartmann C. Brave, health-conscious, and environmentally friendly: Positive impressions of insect food product consumers. *Food Qual Prefer.* 2018;68:64–71. DOI: 10.1016/j.foodqual.2018.02.001.
36. Полубесова М.А., Новикова (Захарова) М.В., Рябухин Д.С. Энтомофагия: безопасно ли употреблять в пищу насекомых? *Пищевые системы.* 2022;(5):70–76. [Polubesova MA, Novikova (Zakharova) MV, Ryabukhin DS. Entomophagy: are insects safe for human food? *Food systems.* 2022;(5):70–76. (In Russ.)] DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-70-76.
37. Gere A. Readiness to adopt insects in Hungary: A case study. *Food Qual Prefer.* 2017;59:81–86. DOI: 10.1016/j.foodqual.2017.02.005.

38. Kim TK, Yong HI, Kim YB, Kim HW. Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Sci Anim Resour.* 2019;39(4):521–540. DOI: 10.5851/kosfa.2019.e53.

39. Ahuja K, Mamtani K. *Edible Insects Market size to exceed \$1.5 billion by 2026.* Global Market Insights Inc; 2020. <https://www.gminsights.com/pressrelease/edible-insects-market> (access date: 08.09.2022).

40. Tanga CM. Edible insect farming as an emerging

and profitable enterprise in East Africa. *Current Opin Insect Sci.* 2021;48:64–71. DOI: 10.1016/j.cois.2021.09.007.

41. Рудакова Л.В., Рудаков О.Б. Перспективы применения биологически активных добавок из съедобных насекомых в России. *Прикладные информационные аспекты медицины.* 2022;25(3):85–90. [Rudakova LV, Rudakov OB. Prospects for the use of biologically active additives from edible insects in Russia. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny.* 2022;25(3):85–90. (In Russ.)] EDN: YILFLR.

Сведения об авторах

Широлапов Игорь Викторович, канд. мед. наук, доц., каф. физиологии, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет Минздрава России; ведущий специалист, НИИ нейронаук, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Самара, Россия; ishirolapov@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7670-6566>

Маслова Ольга Александровна, канд. соц. наук, ведущий специалист, НИИ нейронаук, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Россия; o.a.maslova@samsmu.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0406-4100>

Барашкина Ксения Максимовна, специалист, НИИ нейронаук, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Россия; ksubarashkina@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8399-2644>

Комарова Юлия Сергеевна, специалист, НИИ нейронаук, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Россия; ju.s.komarova@samsmu.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3435-1477>

Пятин Василий Фёдорович, докт. мед. наук, проф., каф. физиологии, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет Минздрава России; заведующий лабораторией, НИИ нейронаук, ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Самара, Россия; v.f.pyatin@samsmu.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8777-3097>

Author details

Igor V. Shirolapov, M.D., Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Depart. of Physiology, Samara State Medical University; Leading specialist, Neurosciences Research Institute, Samara, Russia; ishirolapov@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7670-6566>

Olga A. Maslova, Cand. Sci. (Soc.), Leading Specialist, Neurosciences Research Institute, Samara, Russia; o.a.maslova@samsmu.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0406-4100>

Kseniya M. Barashkina, Specialist, Neurosciences Research Institute, Samara, Russia; ksubarashkina@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8399-2644>

Yuliya S. Komarova, Specialist, Neurosciences Research Institute, Samara, Russia; ju.s.komarova@samsmu.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3435-1477>

Vasiliy F. Pyatin, M.D., D. Sci. (Med.), Prof., Depart. of Physiology, Samara State Medical University; Head of Laboratory, Neurosciences Research Institute, Samara, Russia; v.f.pyatin@samsmu.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8777-3097>