



Шур П.З., Барг А.О., Суворов Д.В., Зеленкин С.Е., Лир Д.Н.

Анализ опасности культивированного мяса

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Синтетические пищевые продукты, в том числе культивированное мясо, обещают множество преимуществ, но требуют тщательной экспертизы безопасности перед массовым внедрением. Потенциальные риски для здоровья, связанные с потреблением культивированного мяса, могут отличаться для разных групп населения. Определение целевых групп потребителей позволит учесть индивидуальные факторы риска и разработать соответствующие меры предосторожности.

Цель исследования — анализ опасности культивированного мяса и прогнозирование групп потенциальных потребителей для адресного информирования о неблагоприятных последствиях при его потреблении.

Материалы и методы. Проведены систематический анализ научной литературы и социологическое исследование среди 423 жителей Пермского края (февраль — август 2023 г.). Данные были обработаны с помощью SPSS for Windows 21.0.

Результаты. Потенциальная опасность культивированного мяса связана с наличием в нём химических загрязнителей, изменением биологической ценности белка и возможной гиперчувствительностью иммунной системы человека при потреблении такого продукта. Исследование показало, что уязвимость разных возрастных групп населения при включении в рацион культивированного мяса не будет одинаковой. Более 45% респондентов, в первую очередь молодые люди, готовы употреблять культивированное мясо. До 22% опрошенных готовы включать культивированное мясо в рацион детей, что делает эту возрастную группу наиболее уязвимой. Готовность употреблять культивированное мясо повышается при позитивном социальном влиянии (решение проблем сельского хозяйства, экологии и биологии).

Ограничения исследования. Все участвовавшие в исследовании респонденты были жителями Пермского края.

Заключение. Результаты исследования подтверждают необходимость информирования целевых групп о рисках, связанных с культивированным мясом, с учётом возрастных особенностей и индивидуальных факторов риска. Полученные данные могут стать основой рекомендаций по обеспечению безопасности при употреблении культивированного мяса.

Ключевые слова: мясо *in vitro* (культура мяса); мясо; информированность; потенциальная готовность

Соблюдение этических стандартов. Социологическое исследование получило положительное заключение локального этического комитета ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора — протокол заседания локального этического комитета № 2 от 10.02.2022 г. Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Шур П.З., Барг А.О., Суворов Д.В., Зеленкин С.Е., Лир Д.Н. Анализ опасности культивированного мяса. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(11): 1385–1391. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-11-1385-1391> <https://elibrary.ru/zvezya>

Для корреспонденции: Суворов Дмитрий Владимирович, e-mail: suvorov@fcrisk.ru

Участие авторов: Шур П.З., Барг А.О., Суворов Д.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста; Зеленкин С.Е., Лир Д.Н. — сбор и обработка данных, написание текста. Все соавторы — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 12.08.2024 / Поступила после доработки: 30.09.2024 / Принята к печати: 19.11.2024 / Опубликовано: 17.12.2024

Pavel Z. Shur, Anastasiya O. Barg, Dmitry V. Suvorov, Sergey E. Zelenkin, Darya N. Lir

Analysis of the danger of cultured meat

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Synthetic food products, including cultured meat, promise many benefits but require the careful assessment of the safety before mass introduction. The potential health risks associated with the consumption of cultured meat may vary among different populations. Identifying target consumer groups will allow individual risk factors being taken into account and appropriate precautions developing.

The aim of the study was to analyse the hazards of cultured meat and predict the groups of potential consumers for targeted information on adverse effects from its consumption

Materials and methods. A systematic analysis of scientific literature and a sociological study among four hundred twenty three residents of the Perm region (February–August 2023) were conducted. The data were processed using SPSS for Windows 21.0.

Results. Potential hazards in the consumption of cultured meat are related to the presence of chemical contaminants, possible immune system hypersensitivity and changes in the biological value of protein. The study showed that different age groups have varying degrees of vulnerability to these hazards. More than 45% of the respondents are willing to consume cultured meat, especially young people. About 22% of the respondents are willing to include cultured meat in the diet of children, making them the most vulnerable. Willingness to consume cultured meat increases with positive social influence (addressing agricultural, environmental, and biological issues).

Limitations. Only residents of Perm Krai are represented among the respondents who participated in the survey.

Conclusion. The results of the study emphasise the need to inform target groups about the risks associated with cultured meat, taking into account age-specific and individual risk factors. The findings may form the basis for recommendations to ensure the safety of cultured meat before consumption.

Keywords: *in vitro* meat (culture meat); meat; awareness; potential readiness

Compliance with ethical standards. A favourable opinion of the local ethical committee was obtained for the sociological study. Minutes of the meeting of the Local Ethics Committee No. 2 dated February, 10, 2022. All participants gave informed voluntary written consent to participate in the study.

For citation: Shur P.Z., Barg A.O., Suvorov D.V., Zelenkin S.E., Lir D.N. Analysis of the danger of cultured meat. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2024; 103(11): 1385–1391. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-11-1385-1391> <https://elibrary.ru/zvezya> (In Russ.)

For correspondence: Dmitry V. Suvorov, e-mail: suvorov@fcrisk.ru

Contribution: Shur P.Z., Barg A.O., Suvorov D.V. — concept and design of research, data collection and processing, writing text; Zelenkin S.E., Lir D.N. — data collection and processing, writing text. All co-authors — editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: August 8, 2024 / Revised: September 9, 2024 / Accepted: November 19, 2024 / Published: December 17, 2024

Введение

Культивированное мясо является синтетическим пищевым продуктом, выращенным в лабораторных условиях из клеток животных [1, 2]. Предполагается, что этот продукт будет выглядеть, иметь вкус и готовиться как «традиционное» мясо, но не потребует выращивания и убоя животных.

В настоящее время проводятся активные экспериментальные исследования технологий получения мяса «из пробирки» (*in vitro*), или культивируемого мяса, как в мировом масштабе [3], так и в России [4, 5]. По мнению Т.К. Hong и соавт. [6], производство мяса *in vitro* открывает возможности для решения множества экологических проблем, таких как снижение потребления энергии и экономия земельных ресурсов, и имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным животноводством. Одним из неоспоримых достоинств культивируемого мяса является этический аспект, связанный с сохранением жизни животных [7]. Кроме того, применение таких биотехнологий, как культивирование клеток с целью производства полноценного мяса, позволит улучшить глобальную продовольственную безопасность, которая определяется как наличие и доступность пищевых продуктов, соответствующих потребностям в питании для поддержания здоровья человека [8]. В настоящее время производство мяса *in vitro* не имеет широкого распространения, поскольку сама технология находится в стадии развития. Нет окончательных ответов на такие вопросы, как методы снижения стоимости производства, чистота продукции (отсутствие непреднамеренно присутствующих химических веществ, возникших в процессе производства; наличие остаточных количеств антибактериальных препаратов и др.), энергетическая эффективность производства и оценка среднесрочных и долгосрочных рисков для здоровья человека [9]. Вместе с тем потенциал этой технологии оценивается как высокий [10], а перспективы развития мирового рынка культивируемого мяса улучшаются благодаря научным достижениям, которые снижают стоимость его производства [5]. В свете стремительного развития современного научного знания и быстрого внедрения новых технологий в повседневную жизнь, согласно смелым прогнозам, мясо из пробирки может стать доступным для населения через 10–15 лет [2].

Несмотря на перспективность использования синтетических пищевых продуктов как альтернативного источника обеспечения населения животным белком, недостаток информации о безопасности их потребления требует применения принципа предосторожности при внедрении. Это обусловлено потенциальными опасностями для здоровья, связанными с использованием новых видов пищевых продуктов, и потребностью в дополнительном изучении безопасности и качества этих продуктов [11]. Хотя исследования [12–14] подчёркивают наличие потенциальной опасности для здоровья, связанной с потреблением культивируемого мяса, особое значение в оценке вероятности её возникновения будет иметь целевая группа потенциальных потребителей и объём потребления мяса *in vitro*.

Определение целевой популяции, по мнению ряда авторов, позволит избежать неопределённостей, связанных с неравномерным распределением ответов со стороны здоровья [15, 16]. В целевую группу потребителей могут войти следующие категории населения: дети и подростки (их организм ещё развивается, и употребление новых продуктов может повлиять на формирование иммунной системы и обмен веществ); люди с хроническими болезнями (употребление новых продуктов может вызвать обострение заболеваний или аллергические реакции); пожилые люди (их организм может быть менее способен адаптироваться к новым продуктам, что повышает риск возникновения проблем со здоровьем).

Таким образом, актуальным является определение групп потенциальных потребителей культивируемого мяса, что позволит сосредоточить усилия на информировании субпопуляций (по возрастным группам) о потенциальных опасностях.

Цель исследования — анализ опасности культивируемого мяса и прогнозирование групп потенциальных потребителей для адресного информирования о неблагоприятных последствиях при его использовании в пищу.

Материалы и методы

Для идентификации потенциальной опасности, связанной с культивируемым мясом, был применён метод систематического поиска и анализа научных публикаций. Процесс изучения включал следующие этапы: формулировка исследовательского вопроса, чётко определяющего тему исследования и вопрос, на который будет даваться ответ; поиск литературы в релевантных электронных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science) с применением специфических ключевых слов и логической комбинации операторов для выбора соответствующих публикаций; отбор статей (первичный отбор по названиям и аннотациям, а затем более глубокий анализ полных текстов статей с учётом установленных критериев включения и исключения); извлечение данных, систематизирующее и синтезирующее информацию из отобранных статей по ключевым параметрам, определённым заранее; анализ данных, критически анализирующий полученную информацию с целью выявления тенденций, противоречий и пробелов в знаниях.

Для определения предполагаемой целевой группы населения, готовой включить в свой рацион культивируемое мясо при его появлении на рынке, и оценки возможного объёма потребления было выполнено скрининговое описательное исследование. В исследовании применялся социологический метод для определения целевой группы потенциальных потребителей культивируемого мяса. В рамках исследования был проведён кросс-секционный анализ среди 423 участников в возрасте от 18 до 83 лет (студенты, научные сотрудники, врачи, работники промышленных предприятий, родители детей до 14 лет, люди пенсионного возраста). Объём выборки определялся на основе методологии К.А. Отдельновой [17].

В исследовании были собраны данные о возрасте, половой принадлежности и уровне образования участников, их готовности к употреблению культивируемого мяса. Использовали шкалу Ликерта (*англ.* Likert scale) из семи пунктов. Опрос проводился методом раздаточного анкетирования (с июня по август 2023 г.) и посредством сбора данных через формализованный онлайн-опрос специализированного сервиса Questionstar (с февраля по октябрь 2023 г.). Анкета сопровождалась кратким представлением исследования и информацией о защите персональных данных. Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 2 от 10.02.2022 г.). Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании. Исследование проводилось среди жителей Пермского края.

В качестве основных критериев для определения целевой популяции в анкету использовались социально-демографические (возраст, пол, состав семьи), социально-экономические (уровень дохода, образование, профессии респондентов) и социокультурные метрики (отношение и знания о культивируемом мясе как о пищевом продукте, оценка готовности включения культивируемого мяса в рацион респондентов в будущем).

С целью анализа первичных данных были сформированы массивы по следующим признакам: пол, возраст, социальное положение, знания о проблемах, связанных с производством традиционных мясных продуктов, и отношение к культивируемому мясу. Внутри каждого массива было рассчитано линейное распределение ответов на вопросы анкеты. Для проверки внутренней согласованности анкеты использовалось значение альфа Кронбаха (α). Результаты

анкетирования были статистически обработаны с использованием программных средств Microsoft Excel 2010 и пакета Statistica 21.0. Для корреляционного анализа применяли метод ранговой корреляции Спирмена. Статистическая значимость определялась при значении $p \leq 0,05$.

Результаты

Систематический поиск позволил установить, что потенциальной опасностью для здоровья потребителя при включении в рацион культивированного мяса может стать наличие незаявленных и непреднамеренно присутствующих химических загрязнителей [16, 18]. К таким соединениям относятся тяжёлые металлы, в том числе хром, никель и кадмий, которые могут мигрировать в продукты из металлического оборудования, используемого для производства и переработки культивированного мяса [19]. Длительное потребление синтетического мяса, загрязнённого тяжёлыми металлами, может представлять повышенную опасность для детского населения и пожилых людей вследствие незрелости или ослабления защитных механизмов организма и большей восприимчивости к токсическому воздействию тяжёлых металлов. У детей система детоксикации и выведения токсинов развита ещё не в полной мере, иммунная система находится в стадии формирования. Эти факторы делают детей более уязвимыми к накоплению тяжёлых металлов в организме и развитию токсического эффекта по сравнению с молодыми (до 35 лет) и взрослыми (до 65 лет) людьми [20, 21]. Поскольку с возрастом происходит ослабление защитных механизмов организма, в том числе снижение активности иммунной системы, печени и почек, отвечающих за детоксикацию и выведение токсинов [22], пожилые люди также представляют уязвимую группу населения, имеющую повышенный риск накопления тяжёлых металлов в организме и развития хронических болезней.

Эксперты выражают опасения не только в связи с потенциальным загрязнением культивированного мяса тяжёлыми металлами, но и предполагают возможность формирования новых аллергенов в процессе его производства. Некоторые компоненты животного происхождения, такие как коллаген или факторы роста, используются в процессе обработки культивируемого мяса, но их введение в пищевую цепочку в таком виде может быть новым и требовать дополнительных исследований.

Например, фенолфталеин (феноловый красный), используемый в среде для культивирования клеток в качестве индикатора pH, не является разрешённой пищевой добавкой и может вызывать аллергические реакции. Более того, он был признан потенциальным канцерогеном для человека [23, 24].

Ещё одной возможной опасностью при потреблении культивированного мяса является снижение биологической ценности белка, которое может возникнуть из-за неполного соответствия аминокислотного профиля культивируемого мяса натуральному [16, 25, 26]. В этом случае наиболее чувствительной группой потребителей будут дети, молодое трудоспособное население и пожилые люди. Так, дети в период роста и развития нуждаются в полноценном белковом питании для правильного формирования органов и систем. Пожилые люди с возрастом теряют мышечную массу, и их способность усваивать белок снижается. Для них полноценное белковое питание также является ключевым в поддержании здоровья и активности [27].

Кроме того, недавние исследования указывают на значительное количество остатков антибиотиков в синтетическом мясе, выращенном с использованием стандартных методов культивирования клеток [19]. Наличие остаточных количеств антибактериальных препаратов в мясе *in vitro* представляет опасность прежде всего для детского населения, поскольку микрофлора кишечника детей наиболее чувствительна к антимикробным препаратам [28].

Также исследования показывают, что остатки некоторых синтетических полимеров, используемых в процессе

выращивания клеток, могут интегрироваться в культивированное мясо. В частности, особую озабоченность вызывает пластификатор ди-(2-этилгексил)фталат (ДЕНР), который может вымываться из полилактидной кислоты (PLA), широко используемой в медицинских устройствах [29]. По аналогии ДЕНР может выделяться из пластиковых матриц, используемых в системах выращивания клеток для производства культивированного мяса. Важно отметить, ДЕНР способен проявлять токсичность в отношении развития и репродуктивной функции клеток млекопитающих, в том числе и человека, а также приводить к нарушению гормональной функции щитовидной железы [19, 29]. В контексте потребительских групп особое внимание следует уделить женщинам репродуктивного возраста и детям, поскольку они более чувствительны к воздействию эндокринных дизрапторов (ДЕНР и др.). Следовательно, в некоторых случаях субпопуляции, определённые как группы потенциальных потребителей на протяжении всей жизни, будут характеризоваться разной степенью уязвимости к потенциальным опасностям, связанным с употреблением культивированного мяса. Детское население, имеющее гиперчувствительность иммунной системы, будет восприимчиво ко всем установленным опасностям мяса *in vitro* — химическим загрязнителям, изменению биологической ценности белка. Молодое трудоспособное население может быть более восприимчиво к недостаткам в качестве белка и остаточным количествам антибактериальных препаратов. Пожилые люди могут быть более уязвимы к химическим загрязнителям и воздействию новых аллергенов. Идентификация определённых групп с повышенной чувствительностью к воздействию определённых факторов является ключевым этапом в оценке безопасности культивированного мяса.

Необходимо учитывать, что различные группы населения имеют разные физиологические особенности, которые могут влиять на восприимчивость к определённым факторам опасности.

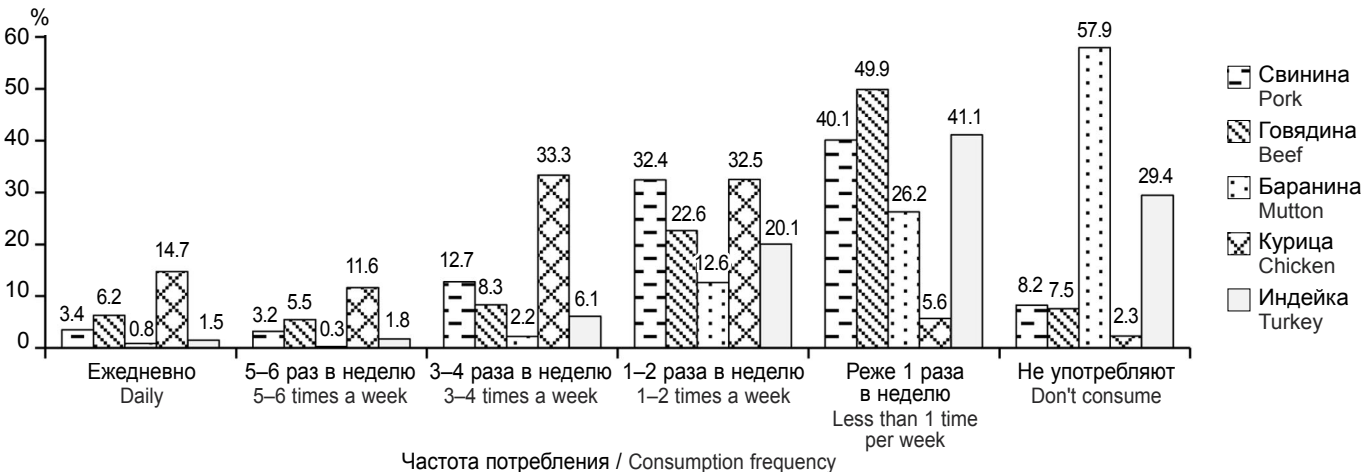
Проведённое скрининговое исследование, направленное на выявление потенциальных потребителей культивированного мяса и оценку объёма потребления, показало высокую внутреннюю согласованность анкеты ($\alpha = 0,94$ при $p \leq 0,05$). В структуре выборочной совокупности доля женщин составила 59,1%, мужчин — 40,9%. Средний возраст составил $41,1 \pm 1$ год для женщин и $42,1 \pm 1,1$ года для мужчин. Доля опрошенных лиц с высшим образованием — 48,7%; с неполным высшим — 12,5%; со средним специальным — 28,7%; с начальным профессиональным — 4%; со средним полным образованием — 6,1%.

Исследование показало, что 13,2% респондентов придерживаются безмясной диеты, в то время как 86,8% потребляют мясо и мясные продукты. Распределение долей респондентов, потребляющих мясо, в соответствии с его видами и частотой употребления представлено на рисунке.

Согласно полученным данным, четыре и более раз в неделю потребляют мясо и мясные продукты от 3,3 до 59,6% респондентов в зависимости от вида мяса. При этом разовая порция мяса для 62,3% опрошенных имеет массу от 100 до 200 г, у 23,3% респондентов — менее 100 г. Оставшиеся 14,4% сообщили о том, что их разовая порция мяса превышает 200 г.

Результаты исследования показали, что 45,7% респондентов (95% ДИ 40,9–50,5%) выразили готовность частично или полностью заменить традиционное мясо культивированным, сохранив при этом общий состав своего рациона. Среди них около 50% планируют заменить традиционное мясо в своём рационе больше чем наполовину, если данный продукт появится на рынке.

Для интерпретации полученного результата проведён углублённый анализ готовности населения включить в рацион питания мясо *in vitro*. Целью было определение целевой группы, необходимой для проведения этапа оценки риска «экспозиция — ответ».



Доля респондентов, включающих в свой рацион различные виды мяса, в зависимости от частоты его потребления, %.
Share of respondents including different types of meat in their diet, depending on the frequency of its consumption, %.

Также был проведён кросс-секционный анализ готовности респондентов в зависимости от уровня образования и семейного положения включить в рацион питания культивируемое мясо при появлении его на рынке и различной стоимости (табл. 1).

Результат кросс-секционного анализа показал, что лица с высшим или неполным высшим образованием независимо от семейного положения готовы включить в свой рацион культивируемое мясо при различной его стоимости. Кроме того, для оценки потенциала потребления культивируемого мяса был проведён анализ доли респондентов, которые не употребляют мясо по каким-либо причинам и готовы включить мясо *in vitro* в свой рацион. Оказалось, что 53,9% респондентов этой группы (3,3% от общей выборки) однозначно или вероятно включили бы культивируемое мясо в свой рацион.

Кроме того, в результате проведённого исследования было установлено, что $3,8 \pm 1,8\%$ респондентов (95% ДИ 2–5,6%) утвердительно ответили на вопрос о готовности включить культивируемое мясо в рацион своих детей. Доля респондентов, которые вероятно включают мясо *in vitro* в рацион детей, составила $18,4 \pm 3,8\%$ (95% ДИ: 14,7–22,1%). Следовательно, до 22% детей могут стать потенциальными потребителями культивируемого мяса.

Для установления целевой группы потребителей мяса *in vitro* проведена ранговая корреляция Спирмена, выявившая зависимость между готовностью включить в рацион культивируемое мясо и различными демографическими и поведенческими факторами (табл. 2).

Результаты исследования показали, что существует умеренная обратная связь между возрастом участников и их готовностью употреблять культивируемое мясо ($r_s = -0,4$ при $p \leq 0,05$). Таким образом, желание включить мясо *in vitro* в свой рацион снижается с увеличением возраста респондентов. Это может быть связано с различными факторами, такими как уровень образования, осведомлённость о пользе и вреде культивируемого мяса, а также личными предпочтениями в питании.

Согласно анализу с использованием коэффициента корреляции Спирмена, существует прямая слабая связь между уровнем дохода индивида и его желанием употреблять мясо *in vitro* ($r_s = 0,2$ при $p \leq 0,05$). Это означает, что при увеличении дохода индивида его желание употреблять мясо *in vitro* также возрастает. Однако необходимо отметить, что сила связи между этими двумя переменными является слабой.

Оценка связи между степенью компетентности индивида в области сельского хозяйства, экологии, биологии, здоровья и желанием употреблять мясо *in vitro* показала, что чем

Таблица 1 / Table 1

Кросс-секционный анализ готовности респондентов в зависимости от уровня образования и семейного положения включить в рацион питания культивируемое мясо при появлении его на рынке и различной стоимости, %
Cross-sectional analysis of willingness to include cultured meat in the diet when it becomes available on the market by cost, education level, and marital status

Параметр Parameter	Предполагаемая стоимость культивируемого мяса в сравнении с традиционным Estimated cost of cultured meat compared to conventional meat									Всего Total
	дороже / more expensive			дешевле / cheaper			равнозначно / the same cost			
	Пол респондентов / Gender of respondents									
	мужчины males	женщины females	м + ж m + f	мужчины males	женщины females	м + ж m + f	мужчины males	женщины females	м + ж m + f	
Образование: / Education level:										
высшее и неполное высшее incomplete high and high	86.7	82.8	84.1	76.9	87.7	83.3	87.0	87.0	87.0	41.6
среднее специальное и ниже secondary education and below	13.3	17.2	15.9	23.1	12.3	16.7	13.0	13.0	13.0	5.4
Семейное положение: / Marital status:										
состоят в браке / married	33.3	31.0	31.8	51.3	57.9	55.2	34.8	56.5	49.3	23.8
не состоят в браке / single	66.7	69.0	68.2	48.7	61.5	44.8	65.2	43.5	50.7	25.4

Таблица 2 / Table 2

Результаты ранговой корреляции Спирмена, показывающие связи между сравниваемыми показателями респондентов

Results of Spearman rank correlation showing relationships between the compared indices in respondents

Переменные The variables	Коэффициент Спирмена Spearman's coefficient r_s	Уровень значимости Level of significance p
Возраст респондента / готовность включить в рацион культивируемое мясо Respondent's age / Readiness to include cultured meat in the diet	−0.35	≤ 0.05
Уровень дохода на человека / готовность включить в рацион культивируемое мясо Income per person / Readiness to include cultured meat in the diet	0.24	≤ 0.05
Степень осведомлённости о проблемах в сельском хозяйстве, экологии, биологии и здоровье / культивируемое мясо как способ устранения этих проблем Awareness degree of issues in agriculture, ecology, biology, and health / Cultured meat as a way to eliminate these issues	−0.14	0.005
Готовность включить культивируемое мясо в свой рацион / готовность включать в рацион детям культивируемое мясо Readiness to include cultured meat in the diet / Readiness to include cultured meat in the children's diet	−0.46	≤ 0.05
Культивируемое мясо как способ устранения некоторых проблем в сельском хозяйстве, экологии, биологии и здоровье / готовность включить в рацион культивируемое мясо Cultured meat as a way of elimination some problems in a range of agricultural, environmental, biological, and health issues / Readiness to include cultured meat in the diet	0.27	≤ 0.05
Культивируемое мясо как способ решения проблем сельского хозяйства, экологии, биологии и здоровья / готовность включать в рацион детей культивируемое мясо Cultured meat as a way of solving some problems in agricultural, environmental, biological, and health issues / Readiness to include cultured meat in children's diets	−0.15	≤ 0.05

выше осведомлённость индивида в указанных областях, тем меньше вероятность того, что он будет хотеть употреблять культивируемое мясо ($r_s = -0,14$ при $p \leq 0,05$).

Однако если культивируемое мясо может стать решением насущных задач в сфере производства пищевых продуктов, сельского хозяйства и др., то желание включить его в рацион будет возрастать ($r_s = 0,3$ при $p \leq 0,05$). В то же время отношение родителей к мясу *in vitro* как способу решения задач сельского хозяйства, экологии, биологии и здоровья не влияет на желание включать его в рацион своих детей ($r_s = -0,2$ при $p \leq 0,05$).

Существует обратная зависимость между готовностью респондентов употреблять мясо *in vitro* и их желанием включать этот продукт в рацион своих детей. Коэффициент корреляции Спирмена составляет $-0,5$, что указывает на значимую отрицательную связь при $p \leq 0,05$. Эта корреляция может свидетельствовать о том, что готовность родителей употреблять мясо *in vitro* сопряжена с приверженностью к традиционной модели питания в отношении детей.

Таким образом, более 40% трудоспособного населения готовы заменить традиционное мясо культивируемым, сохранив при этом общий состав своего рациона. Молодое трудоспособное население является основной целевой группой потребителей. Отдельно стоит отметить, что до 22% детей также могут стать потенциальными потребителями культивируемого мяса.

Обсуждение

Данное исследование дополняет результаты ранее выполненного систематического обзора [16], в котором были выделены потенциальные опасности для здоровья потребителей, связанные с употреблением культивируемого мяса, такие как наличие непреднамеренно присутствующих химических загрязнителей, развитие гиперчувствительности и изменение биологической ценности белка. Кроме того, настоящее исследование, фокусирующееся на определении целевых групп потенциальных потребителей, вносит вклад в формирование адресного информированного подхода к внедрению культивируемого мяса на российский рынок.

Результаты анализа подтверждают мнение о том, что исследования, демонстрирующие текущий положительный или отрицательный отклик на культивируемое мясо, могут

служить основой прогнозирования будущего отношения к этому пищевому продукту [30]. Так, анализ, проведённый в Нидерландах (2013), Великобритании (2015) и Канаде (2018), показал, что от 11 до 52% опрошенных готовы включить культивируемое мясо в свой рацион [31, 32]. В исследовании, проведённом Wilks and Phillips в США в 2017 г., доля людей, готовых попробовать мясо *in vitro*, составила 65%, из которых 32,6% согласны включить его в свой рацион на постоянной основе [33]. Результаты социологических исследований в Германии показывают, что доля населения, готового включить культивируемое мясо в свой рацион, растёт: в 2018 г. она составляла 27%, в 2020 г. — 56,4%, а в 2022 г. — 77,8% [34–36].

Проведённые ранее работы, несмотря на их важность в оценке общей готовности к употреблению культивируемого мяса, не предусматривали установления групп потенциальных потребителей и изучения потенциальных опасностей при его потреблении. В настоящем исследовании решена задача определения целевых групп и изучены возможности целенаправленного информирования потенциальных потребителей о возможных опасностях, связанных с потреблением культивируемого мяса.

Заключение

Проведённый анализ выявил ряд потенциальных опасностей для здоровья, связанных с потреблением мяса *in vitro*, которые могут быть обусловлены наличием непреднамеренных опасных химических веществ, остаточных количеств антибактериальных препаратов, изменением биологической ценности белка и гиперчувствительностью иммунной системы людей — потребителей мяса *in vitro*. С учётом физиологических особенностей определены группы населения с повышенной чувствительностью к воздействию установленных факторов опасности.

Исследование, проведённое на репрезентативной выборке населения, показало, что 45,7% респондентов выразили готовность включить в свой рацион культивируемое мясо после его выхода на рынок.

Прогнозируется, что основным потребителем культивируемого мяса станет молодое трудоспособное население.

Для этой возрастной группы основные опасения связаны с наличием остаточных количеств антибактериальных препаратов и недостатком сбалансированного питания, вызванным возможным отличием качества белка культивируемого мяса от традиционного. Установлено, что более 20% детей могут подвергнуться воздействию потенциальных опасностей ввиду готовности родителей-респондентов включить в рацион детей мясо *in vitro*. Поскольку дети являются наиболее чувствительной группой населения, возможное сниже-

ние биологической ценности белка культивируемого мяса, наличие в нём непреднамеренно присутствующих химических веществ и остаточных количеств антибактериальных препаратов станут основными факторами опасности для данной группы населения.

Полученные результаты могут быть основанием для информирования целевой группы потенциальных потребителей о возможных опасностях при употреблении культивируемого мяса.

Литература

(п.п. 3, 6–10, 12–15, 18, 19, 21, 23–26, 28–36 см. References)

1. Rogov I.A., Lisitsyn A.B., Taranova K.G., Volkova I.M. Meat *in vitro* as a promising source of complete protein. *Vse o myase*. 2013; (4): 22–5. <https://elibrary.ru/qztgyj>
2. Mezenova O.Y. Современная пищевая биотехнология: основные проблемы и вызовы. *Вестник Международной академии холода*. 2023; (1): 35–46. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-35-46> <https://elibrary.ru/edgumy>
4. Бен-Арье Т., Левенберг Ш. Композиции из культивируемого мяса. Патент РФ № 2778255; 2022.
5. Глазкова И.В. Производство и применение новых протеинов для питания людей – в центре внимания на Форуме «Протеин-2021». *Мясные технологии*. 2021; 11(227): 56–7.
11. Зайцева Н.В., Зеленкин С.Е., Шур П.З., Суворов Д.В. Идентификация потенциальных опасностей и анализ критических контрольных точек производства культивируемого мяса (мяса *in vitro*). *Вопросы питания*. 2023; 92(6): 45–53. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-6-45-53> <https://elibrary.ru/qnjwv>
16. Шур П.З., Суворов Д.В., Зеленкин С.Е., Лир Д.Н. Идентификация потенциальной опасности потребления новых видов пищевых продуктов для здоровья населения (систематический обзор). *Гигиена и санитария*. 2023; 102(5): 495–501. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-495-501> <https://elibrary.ru/xaqnpz>
17. Отдельнова К.А. Определение необходимого числа наблюдений в социально-гигиенических исследованиях. *Сборник трудов 2-го MMI*. 1980; 150(6): 18–22.
20. Леонидова Г.В., Димони К.О. Трудовой потенциал молодежи: запросы современного рынка труда. *Проблемы развития территории*. 2021; 25(6): 7–31.
22. Радченко В.Г., Селиверстов П.В. Возрастные изменения печени. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета*. 2017; 9(1): 110–6. <https://elibrary.ru/yldzqz>
27. Молчанова О.В., Андреева Г.Ф. Значение потребления белка в профилактике ожирения, артериальной гипертензии и рака молочной железы (обзор литературы). *Профилактическая медицина*. 2015; 18(1): 46–53. <https://elibrary.ru/tziuvv>
1. Rogov I.A., Lisitsyn A.B., Taranova K.G., Volkova I.M. Meat *in vitro* as a promising source of complete protein. *Vse o myase*. 2013; (4): 22–5. <https://elibrary.ru/qztgyj> (in Russian)
2. Mezenova O.Y. Modern food biotechnology: main problems and challenges. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2023; (1): 35–46. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-35-46> <https://elibrary.ru/edgumy> (in Russian)
3. Cellular agriculture and food systems priorities. *Nat. Food*. 2022; 3(10): 781. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00628-2>
4. Ben-Ar'e T., Levenberg Sh. Cultured meat compositions. Patent RF № 2778255; 2022. (in Russian)
5. Glazkova I.V. Production and application of new proteins for human nutrition – in the spotlight at the “Protein-2021” Forum. *Myasnye tekhnologii*. 2021; 11(227): 56–7. (in Russian)
6. Hong T.K., Shin D.M., Choi J., Do J.T., Han S.G. Current issues and technical advances in cultured meat production: a review. *Food Sci. Anim. Resour.* 2021; 41(3): 355–72. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e14>
7. Bhat Z.F., Morton J.D., Mason S.L., Bekhit A.E.A., Bhat H.F. Technological, regulatory, and ethical aspects of *in vitro* meat: a future slaughter-free harvest. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2019; 18(4): 1192–208. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12473>
8. Stamoulis K., Zezza A. *A Conceptual Framework for National Agricultural, Rural Development, and Food Security Strategies and Policies*. ESA Working Paper No. 03-17. FAO; 2003.
9. Gu Y., Li X., Chan E.C.Y. Risk assessment of cultured meat. *Trends Food Sci. Technol.* 2023; 138: 491–9.
10. Ramani S., Ko D., Kim B., Cho C., Kim W., Jo C., et al. Technical requirements for cultured meat production: a review. *J. Anim. Sci. Technol.* 2021; 63(4): 681–92. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e45>
11. Zaitseva N.V., Zelenkin S.E., Shur P.Z., Suvorov D.V. Identification of potential hazards and analysis of critical control points in cultured meat (*in vitro* meat) production. *Voprosy pitaniya*. 2023; 92(6): 45–53. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-6-45-53> <https://elibrary.ru/qnjwv> (in Russian)
12. Ververis E., Ackerr L., Azzollini D., Colombo P.A., de Sesmaisons A., Dumas C., et al. Novel foods in the European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food Safety Authority. *Food Res. Int.* 2020; 137: 109515. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109515>
13. Ong K.J., Tejeda-Saldana Y., Duffy B., Holmes D., Kuk K., Shatkin J.A. Cultured meat safety research priorities: regulatory and governmental perspectives. *Foods*. 2023; 12(14): 2645. <https://doi.org/10.3390/foods12142645>
14. Frohlich K.L., Potvin L. Transcending the known in public health practice: the inequality paradox: the population approach and vulnerable populations. *Am. J. Public Health*. 2008; 98(2): 216–21. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2007.114777>
15. Aagaard-Hansen J., Hindhede A.L., Terkildsen Maingdal H. A conceptual framework for selecting appropriate populations for public health interventions. *Front. Public Health*. 2023; 11: 1161034. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1161034>
16. Shur P.Z., Suvorov D.V., Zelenkin S.E., Lir D.N. Identification of potential hazard of consumption of novel products to public health (systematic review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(5): 495–501. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-495-501> <https://elibrary.ru/xaqnpz> (in Russian)
17. Odel'nova K.A. Determination of the required number of observations in social and hygienic research. *Sbornik trudov 2-go MMI*. 1980; 150(6): 18–22. (in Russian)
18. Bhat Z.F., Fayaz H. Prospectus of cultured meat – advancing meat alternatives. *J. Food Sci. Technol.* 2011; 48: 125–40.
19. Sogore T., Guo M., Sun N., Jiang D., Shen M., Ding T. Microbiological and chemical hazards in cultured meat and methods for their detection. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2024; 23(4): e13392. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13392>
20. Leonidova G.V., Dimoni K.O. Labor potential of young people: demands of contemporary labor market. *Problemy razvitiya territorii*. 2021; 25(6): 7–31. <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.6.116.1> (in Russian)
21. Goyer R.A., Clarkson T.W. Toxic effects of metals. In: Klaassen C.D. *Casaretti and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. New York; 2001: 861–7.
22. Radchenko V.G., Seliverstov P.V. Age-related changes in the liver. *Vestnik Severo-Zapadnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2017; 9(1): 110–6. <https://elibrary.ru/yldzqz> (in Russian)
23. D'Este M., Alvarado-Morales M., Angelidaki I. Amino acids production focusing on fermentation technologies – a review. *Biotechnol. Adv.* 2018; 36(1): 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.09.001>
24. Department of Health and Human Services. Report on Carcinogens. Fifteenth Edition: Phenolphthalein; 2021.
25. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Phenolphthalein. In: *Some Antiviral and Antineoplastic Drugs, and Other Pharmaceutical Agents*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 76. Lyon; 2000: 387–415.
26. Quiroga-Campano A.L., Panoskaltis N., Mantalaris A. Energy-based culture medium design for biomanufacturing optimization: A case study in monoclonal antibody production by GS-NS0 cells. *Metab. Eng.* 2018; 47: 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2018.02.013>
27. Molchanova O.V., Andreeva G.F. Significance of dietary protein intake in the prevention of obesity, hypertension and breast cancer. *Profilakticheskaya meditsina*. 2015; 18(1): 46–53. <https://elibrary.ru/tziuvv> (in Russian)
28. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Atiskova N.G., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R. Human health hazards associated with tetracycline drugs residues in food. *Int. J. Adv. Res.* 2014; 2(8): 488–95.

Original article

29. Goud N.S. Biocompatibility evaluation of medical devices. In: Faqi A.S. *A Comprehensive Guide to Toxicology in Non-Clinical Drug Development*. Academic Press; 2016: 825–40.
30. Lyche J.L., Gutleb A.C., Bergman A., Eriksen G.S., Murk A.J., Ropstad E., et al. Reproductive and developmental toxicity of phthalates. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 2009; 12(4): 225–49. <https://doi.org/10.1080/10937400903094091>
31. Tsvakirai C.Z. The valency of consumers' perceptions toward cultured meat: A review. *Heliyon*. 2024; 10(6): e27649. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27649>
32. Verbeke W., Sans P., Van Loo E.J. Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. *J. Integr. Agric.* 2015; 14(2): 285–94.
33. Slade P. If you build it, will they eat it? Consumer preferences for plant-based and cultured meat burgers. *Appetite*. 2018; 125: 428–37. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.02.030>
34. Wilks M., Phillips C.J. Attitudes to in vitro meat: A survey of potential consumers in the United States. *PLoS One*. 2017; 12(2): e0171904. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171904>
35. Dupont J., Fiebelkorn F. Attitudes and acceptance of young people toward the consumption of insects and cultured meat in Germany. *Food Qual. Prefer.* 2020; 85: 103983.
36. Dupont J., Harms T., Fiebelkorn F. Acceptance of cultured meat in Germany – application of an extended theory of planned behaviour. *Foods*. 2022; 11(3): 424. <https://doi.org/10.3390/foods11030424>

Сведения об авторах

Шур Павел Залманович, доктор мед. наук, гл. науч. сотр., учёный секретарь ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: shur@fcrisk.ru

Барг Анастасия Олеговна, канд. социолог. наук, ст. науч. сотр. лаб. методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: an-bg@yandex.ru

Суворов Дмитрий Владимирович, науч. сотр. отд. анализа риска здоровью ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: suvorov@fcrisk.ru

Зеленкин Сергей Евгеньевич, науч. сотр. отд. анализа риска здоровью ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: zelenkin@fcrisk.ru

Лир Дарья Николаевна, канд. мед. наук, зав. отд. анализа риска для здоровья, ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: lir@fcrisk.ru

Information about the authors

Pavel Z. Shur, DSc (Medicine), leading researcher, Secretary of the Academic Council in Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105> E-mail: shur@fcrisk.ru

Anastasiya O. Barg, PhD, senior researcher of health risk analysis department in Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2901-3932> e-mail: an-bg@yandex.ru

Dmitri V. Suvorov, researcher of the Health risk analysis department in Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3594-2650> E-mail: suvorov@fcrisk.ru

Sergey E. Zelenkin, researcher of the Health risk analysis department in Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0259-5509> E-mail: zelenkin@fcrisk.ru

Daria N. Lir, PhD (Medicine), head of the Health risk analysis department in Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, (Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7738-6832> E-mail: lir@fcrisk.ru