

Использование биоактивных компонентов проростков амаранта для улучшения потребительских свойств мясных изделий

Д.Е. Ипатов¹, Т.Н. Данильчук²

¹ ООО НИИ «Профи.Био»

² Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

Корреспонденция:

Ипатов Дмитрий Евгеньевич,
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
125080, Россия, Москва,
Волоколамское шоссе, 11
E-mail: d.ipatov@profi.bio

Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 07.07.2025

Поступила после
рецензирования: 19.09.2025

Принята: 30.09.2025

Copyright: © 2025 Автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Исследование посвящено изучению возможности применения экстракта проростков амаранта в технологии мясных рубленых полуфабрикатов из мяса индейки. Рассматривается влияние добавки экстракта проростков амаранта на вкусовые качества, безопасность и окислительную стабильность продукции, ориентированной на удовлетворение спроса потребителей в здоровом питании.

Цель. Оценка потребительских свойств мясных полуфабрикатов, обогащенных экстрактом проростков амаранта.

Материалы и методы. Объектами исследования явились образцы рубленых полуфабрикатов из мяса индейки, изготовленные по ГОСТ Р 32951–2014 (контроль) и с добавлением экстракта проростков амаранта в количестве 1–3 % от массы полуфабриката. В работе были использованы общепринятые методы исследования. Органолептическую оценку контрольного и экспериментальных образцов осуществляли в соответствии с ГОСТ 99959–2015 по пятибалльной шкале. Пищевую и энергетическую ценность определяли расчетным методом. Окислительную стабильность исследуемых рубленых полуфабрикатов определяли на реакторе стабильности окисления Oxitest (VELP Scientifica, Usmate Velate (MB), Италия). Перекисное число определяли по ГОСТ 34118–2017. Антиоксидантную активность определяли методом кулонометрического титрования с применением прибора «Эксперт-006».

Результаты и выводы. Установлена актуальность разработки новых мясных продуктов с улучшенными потребительскими свойствами с применением экстракта проростков амаранта. Сравнение свойств контрольных и экспериментальных образцов показало, что включение экстракта проростков амаранта в состав полуфабрикатов из мяса индейки оказывает минимальное воздействие на количество белков и липидов, но повышает содержание углеводов и энергетическую ценность. Интеграция экстракта проростков амаранта в рецептуру не оказывает негативного влияния на сенсорные показатели готовых изделий, при этом образцы с добавлением экстракта обладают более плотной структурой и получили более высокие баллы по результатам органолептической оценки. Физико-химические свойства полуфабрикатов варьировались в зависимости от дозы вводимого экстракта. Применение экстракта проростков амаранта снижает риск порчи продукции: перекисное число снижается в 3–5 раз соответственно количеству внесенного экстракта. Включение экстракта проростков амаранта в рецептуру мясных полуфабрикатов целесообразно и экономически оправдано, поскольку позволяет получать высококачественную продукцию с увеличенным сроком хранения и дополнительной пользой для здоровья потребителей. Полученные результаты открывают перспективы масштабного промышленного использования экстракта проростков амаранта в мясной отрасли, способствуя созданию конкурентоспособных продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

рубленые полуфабрикаты; мясо индейки; экстракт проростков амаранта; антиоксидантная активность; окислительная стабильность



Для цитирования: Ипатов, Д. Е., & Данильчук, Т. Н. (2025). Использование биоактивных компонентов проростков амаранта для улучшения потребительских свойств мясных изделий. *Health, Food & Biotechnology*, 7(3), 87–98. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s274>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s274>

The Use of Bioactive Components of Amaranth Seedlings to Improve the Consumer Properties of Meat Products

Dmitry E. Ipatov¹, Tatiana N. Danilchuk²

¹ LLC RI "Profi.Bio"

² Russian Biotechnological University
(BIOTECH University), Moscow, Russia

Correspondence:

Dmitry E. Ipatov,
Russian Biotechnological University, 11,
Volokolamskoe highway, Moscow,
125080, Russia
E-mail: d.ipatov@profi.bio

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 07.07.2025

Received in revised form: 19.09.2025

Accepted: 30.09.2025

Copyright: © 2025 The Authors

ABSTRACT

Introduction. The paper studies the possibility of using amaranth seedling extract in the technology of minced meat semi-finished products from turkey. The effect of the addition of amaranth seedling extract on the taste, safety and oxidative stability of products aimed at meeting consumer demand for a healthy diet is considered.

Purpose: To evaluate the consumer properties of semi-finished meat products enriched with amaranth sprout extract.

Materials and Methods. The samples of chopped semi-finished turkey meat, processed according to GOST R 32951-2014 (control) and with the addition of amaranth sprout extract in an amount of 1–3 % of the semi-finished product weight were studied. Generally accepted research methods were used in the work. The organoleptic evaluation of the control and experimental samples was carried out in accordance with GOST 99959-2015, on a five-point scale. Nutritional and energy value were determined by calculation method. The oxidative stability of the studied chopped semi-finished products was determined on an Oxitest oxidation stability reactor (VELP Scientifica, Usmate Velate (MB), Italy). The peroxide value was determined according to GOST 34118-2017. The antioxidant activity was determined by coulometric titration using the Expert-006 device.

Results and Conclusions. The relevance of developing new meat products with improved consumer properties using amaranth seedling extract has been established. A comparison of the properties of control and experimental samples showed that the inclusion of amaranth sprout extract in the composition of semi-finished turkey meat products has a minimal effect on the amount of proteins and lipids, but increases the carbohydrate content and energy value. The integration of amaranth seedling extract into the formulation did not adversely affect the sensory parameters of the finished products, while the samples with the addition of the extract had a denser structure and received higher scores based on the results of organoleptic evaluation. Changes in the physico-chemical and functional-technological properties of semi-finished products varied depending on the dose of the injected extract. The use of amaranth seedling extract reduces the risk of product spoilage - the peroxide number is reduced by 3–5 times, according to the amount of extract applied. The inclusion of amaranth sprout extract in the recipe for semi-finished meat products is appropriate and economically justified, since it allows for the production of high-quality products with an extended shelf life and additional health benefits for consumers. The results obtained open up prospects for the large-scale industrial use of amaranth extract in the meat industry, contributing to the creation of competitive products that meet the criteria of a healthy diet.

KEYWORDS

chopped semi-finished products; turkey meat; amaranth seedling extract; antioxidant activity; oxidative stability



To cite: Ipatov, D. E., & Danilchuk, T. N. (2025). The use of bioactive components of amaranth seedlings to improve the consumer properties of meat products. *Health, Food & Biotechnology*, 7(3), 87-98. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s274>

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации принята программа, направленная на повышение качества пищевой продукции до 2030 г.¹, основной целью которой является увеличение средней продолжительности жизни россиян до 78 лет. Сегодня отмечается позитивная тенденция в решении данной проблемы. Ученые активно исследуют возможность применения различных добавок и компонентов для производства продуктов здорового питания. Политика государства сосредоточена на обеспечении жителей страны высококачественной пищей, богатой полноценным белком, полезными углеводами и полиненасыщенными жирными кислотами (Кутенков, 2009; Точеный, 2018).

Одной из важнейших проблем современного мира является недостаток потребления белка: в среднем человек получает лишь около 60 граммов белка ежедневно, тогда как суточная потребность варьируется от 70 до 120 граммов в зависимости от индивидуальных особенностей организма. Уровень потребления белка служит индикатором благосостояния нации, причем мясо и мясные изделия выступают ключевым источником полноценного белка в рационе большинства людей.

В мировом масштабе выпуск мяса ежегодно увеличивается, что обусловлено увеличением численности населения планеты. Повышается среднедушевое потребление мяса, которое к 2027 г. составит 35,4 кг (+0,3 % ежегодно). В последние годы мясоперерабатывающая отрасль стремительно развивается в России: по данным экспертно-аналитического центра агробизнеса («АБ-центр») с 2000 по 2021 г. объемы производства мяса стабильно росли. Такая тенденция сохраняется и в последние годы² (Таблица 1).

В соответствии с анализом российского мясного рынка по итогам 2024 г., проведенном Ассоциацией «Объединение Мясопереработчиков» в 2024 г., общий объем производства мяса во всех хозяйствах увеличился на 3 %. Основная доля рынка приходится на птицу и свинину (Рисунок 1).

В Российской Федерации увеличивается не только производство мяса, но и его потребление: если в 2022 г. потребление мяса составляло 79 кг на человека,

Таблица 1

Производство различных видов мяса в убойном весе на территории Российской Федерации в 2023 и 2024 гг.

Table 1

Production of Various Types of Meat in Slaughter Weight in the Russian Federation in 2023 and 2024

№ п/п	Вид мяса	Производство в убойном весе в тысячах тонн	
		2023 г., январь– сентябрь	2024 г., январь– сентябрь
1	Свинина	3400,9	3563,2
2	Говядина	1005,8	1031,1
3	Баранина и козлятина	106,7	105,0
4	Мясо птицы	3869,8	3960,8
5	Прочие виды мяса	30,3	29,0

то в 2024 г. — уже 83 кг на человека. Основную долю в структуре потребления занимают мясо птицы и свинина³. Растет спрос населения на мясо индейки. Выбор населения в пользу индейки связан с высокой биологической ценностью белкового компонента этого вида мяса, отличающегося оптимальным для усвоения соотношением аминокислот. Оно богато витаминами Е, А и группы В, фосфором и важными для организма человека микроэлементами. Мясо индейки считается диетическим и гипоаллергенным. Липидная фракция мяса индейки характеризуется низким уровнем общего содержания жира (примерно 2–8 %), доминированием мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот (преимущественно олеиновой и линолевой кислот), пониженным количеством насыщенных жирных кислот и минимальным содержанием холестерина. Данные характеристики обеспечивают высокую пищевую ценность продукта, способствуя профилактике атеросклероза и поддержанию здоровья сердечно-сосудистой системы.

Наблюдается превышение спроса на индейку над предложением, несмотря на то что доля индейки в общем объеме производства мяса птицы в России в 2024 г. составила 8 %⁴. Аналитики различных центров обращают внимание на значительные темпы роста в отечественном индейководстве. По прогнозу профильных

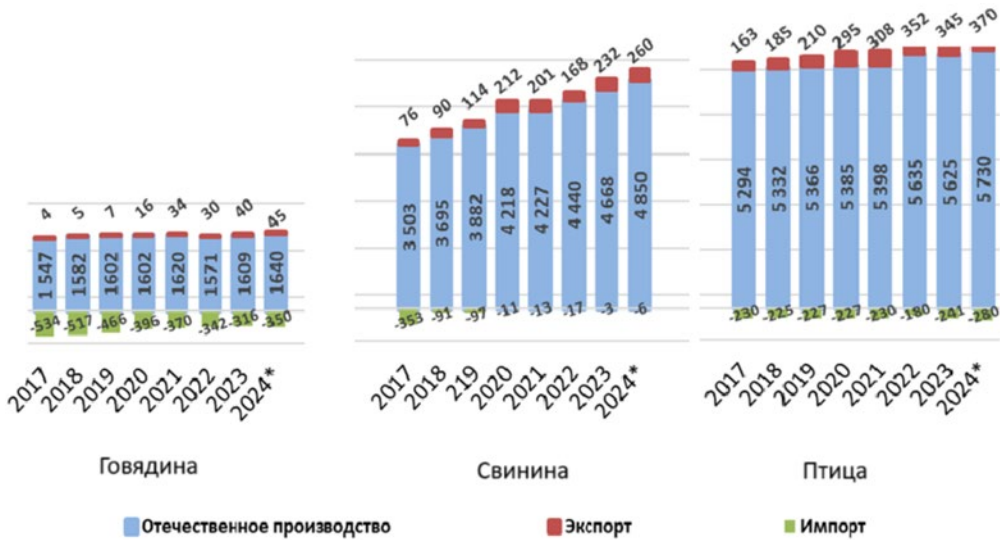
1 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».

2 <https://ab-centre.ru/news/o-roste-proizvodstva-myasa-v-rossii-v-2024-godu> (Дата обращения 04.05.2025)

3 <https://vetandlife.ru/sobytiya/potreblenie-myasa-v-rossii-vyshlo-na-rekordnye-79-kg-na-cheloveka-v-god/> (Дата обращения: 04.05.2025).

4 https://www.holodexpo.ru/prensa/news/rossiyskoe_indeykovodstvo_prodolzhaet_uverennyi_rost_itogi_2024_goda_reyting_i_analiz/ (Дата обращения: 03.05.2025).

Рисунок 1
Ёмкость рынка мяса по видам в России (производство, экспорт, импорт) в тысячах тонн (включая субпродукты)⁵
Figure 1
Meat Market Capacity by Type in Russia (Production, Export, Import) in Thousands of Tons (Including Offal)



ассоциаций, к 2030 г. производство продукции индейководства достигнет 650 тыс. тонн⁶.

Наблюдаемая тенденция диктует необходимость разработки эффективных методов защиты мясных изделий от окислительного повреждения (прежде всего от свободнорадикального окисления липидов) и микробиологических изменений. Поскольку мясо представляет собой сложную мультикомпонентную систему, подверженную быстрой деструкции, особое внимание уделяется внедрению новейших биотехнологических решений, обеспечивающих сохранение качественных характеристик на протяжении всего производственного цикла — от животноводства до упаковывания готовой продукции.

Значительный интерес вызывают природные антиоксиданты и антимикробные компоненты растительного происхождения (Голубкина, 2020; Manish Kumar, 2021). Исследователи отмечают, что источники антиоксидантов в рационе важны для улучшения здоровья, увеличения продолжительности жизни человека и для повышения питательной ценности продуктов, производимых из сортов растений функционального назначения (Гончарова, 2024). Например, экстракты зеленых частей

растений, предотвращающие окисление, бактериальную контаминацию, могут использоваться в качестве натуральных пищевых добавок (Skowyr, 2014). Особо актуальным становится дальнейшее изучение потенциала ранее слабо исследованных натуральных агентов, в частности препаратов из проростков растений.

В последнее время в научной литературе усиливается направление по изучению полезных свойств пророщенных семян (Мячникова, 2012; Иванова, 2016), которые содержат в своем составе частично расщепленные биополимеры, макро- и микроэлементы, ферменты, витамины и обладают высокой антиоксидантной активностью за счет веществ, вырабатываемых семенами в процессе проращивания, также они могут проявлять функциональные свойства⁷. Интересным с научной и практической точки зрения является изучение полезных свойств амаранта и его проростков, обладающих уникальным биохимическим составом.

Амарант (*Amaranthus spp.*) — одно из популярных и высоко ценимых однолетних растений XXI в., культивируемое в различных регионах мира, включая Китай, Индию, Европу, Африку и Юго-Восточную Азию (Кононков,

⁵ https://asomp.ru/news/rossiiskii_myasnoi_rynok_itogi_2024_goda (Дата обращения: 03.05.2025).
⁶ <https://mcx.gov.ru/press-service/news/za-pyat-let-proizvodstvo-indeyki-v-rossii-uvelichilos-pochti-na-80/16.02.2023> (Дата обращения: 03.05.2025).
⁷ Данильчук, Т. Н. (2010). Способ получения крупы и муки из пророщенного ячменя. Патент RU 2 392 831 C1.

2011). Характеризуется высокой засухоустойчивостью, быстрым ростом и адаптивной способностью к различным климатическим условиям.

Семена амаранта относятся к семейству *Amaranthaceae* и выделяются значительным содержанием питательных и физиологически активных соединений, оказывающих положительное воздействие на организм человека и способствующих профилактике множества хронических заболеваний, таких как гипертония, сахарный диабет, онкологические патологии и болезни сердечно-сосудистой системы. Амарант классифицируется как псевдозерновой злак и отличается богатым составом макронутриентов: белков, жиров, углеводов, клетчатки, витаминов и микроэлементов, а также сбалансированным профилем незаменимых аминокислот. Несмотря на значительные преимущества для здоровья, этот злак утратил популярность в ряде регионов ввиду грубоватой структуры зерен и незнания потенциальных возможностей его применения в рационах развитых стран (Jan, 2023).

Анализ химического состава показывает превосходство амаранта над традиционными крупяными культурами, такими как кукуруза, пшеница и сорго, по содержанию белка (14,0–15,5 %), уровню углеводов (60–68 %) и снижению доли жира (7,5 %). Семена амаранта характеризуются не только высокой концентрацией серосодержащих аминокислот, но и присутствием широкого спектра флавоноидов, фенольных кислот, каротиноидов и прочих вторичных метаболитов, определяющих фармакологический эффект растения (Высотчина, 2013). Особо ценным веществом, входящим в состав амаранта, является сквален ненасыщенный углеводород, сильнейший иммуномодулятор. Сквален входит в состав себума (кожного сала) человека и играет важную роль в обеспечении барьерных функций кожи. Рекордное количество сквалена содержится в масле амаранта — до 8 %. Сквален считается лекарственным компонентом. Его биологическое действие заключается в способности насыщать кислородом ткани, регулировать обменные процессы в организме, оказывать мощное антиоксидантное и иммуномодулирующее действие (Исмаилова, 2023).

Благодаря своим уникальным агротехническим и питательным свойствам амарант вновь привлекает внимание исследователей и производителей. Например, доказано, что употребление экстракта амаранта повышает концентрации ионов NO_3^- и NO_2^- в крови минимум на восемь часов, что потенциально улучшает физическую выносливость и работоспособность (Deera Subramanian, 2016). В связи с этим в научно-технической литературе обсуждаются вопросы, связанные с использованием семян амаранта в производстве

продуктов питания, в том числе на мясной и молочной основе (Росляков, 2004). Амарантовую муку можно использовать в мясных технологиях для увеличения объемов производства, экономии расходования мясного сырья и получить продукцию повышенного качества (Никитин, 2020). Измельченные зерна амаранта можно использовать в технологии колбасных изделий для улучшения химического состава готового продукта. При этом частичная (50 %) или полная замена картофельного крахмала (100 %) на измельченное зерно амаранта придает изделию более насыщенные вкус и аромат, практически не повлияв на консистенцию (Ружило, 2023). Предлагается использовать амарант при производстве мягкого сыра с целью улучшения органолептических характеристик, консистенции продукта и для создания поликомпонентного белкового продукта (Кольтюгина, 2011). Препарат, полученный из проростков амаранта с использованием сублимационной сушки, эффективен в создании инновационных напитков на основе молочной сыворотки (Данильчук, 2020). Эти исследования актуальны в связи с развитием рынка функционального питания. Разработка продуктов питания, способствующих поддержанию сил и иммунитета организма человека, является одним из трендов рынка продуктов питания, так же, как и «эко», «био» и «органическая» продукция, а также продукты с содержанием белка (Молибога, 2022).

Анализ размера и доли рынка функциональных продуктов питания (тенденции роста и прогнозы на 2024–2029 гг.), проведенный специалистами Mordor Intelligence, показал, что, к 2028 г. ожидается рост объема рынка функциональных продуктов питания на 14 %⁸. Развитие рынка функционального питания будет способствовать росту пищевой промышленности. Для реализации этих возможностей и преодоления конкретных проблем, кроме усилий поставщиков пищевых ингредиентов, компаний пищевой промышленности, предприятий розничной торговли, необходимо развитие научных исследований (Бойцова, 2020).

В связи с вышеизложенным целью данного исследования является оценка потребительских свойств мясных полуфабрикатов, обогащенных экстрактом проростков амаранта. Для реализации поставленной цели проведен мониторинг научно-технической литературы, выработана партия экспериментальных образцов рубленых полуфабрикатов с добавлением экстракта проростков амаранта, проведена оценка физико-химических, органолептических свойств и показателей безопасности контрольного и экспериментальных образцов рубленых полуфабрикатов из мяса индейки.

⁸ <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/global-functional-food-market> (Дата обращения: 03.05.2025).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы

В качестве основного сырья для приготовления мясных полуфабрикатов была выбрана тазобедренная часть индейки на основании высокого спроса на данный вид мясного сырья на рынке и его благоприятных биохимических параметров, обеспечивающих оптимальное соотношение нутриентов и структурных компонентов.

Объектами исследования явились образцы рубленых полуфабрикатов из мяса индейки, изготовленные по ГОСТ Р 32951–2014⁹ (контроль), с добавлением экстракта проростков амаранта в количестве 1 % (вариант 1), 2 % (вариант 2) и 3 % (вариант 3) от массы полуфабриката.

Процедура исследования

Первый этап. Первым этапом проведенных научных изысканий являлся детальный аналитический обзор специализированной научно-технической литературы, посвященный проблеме дефицита полноценного белка в питании населения, вопросам потребления мяса индейки, исследованию потенциальной целесообразности использования экстракта проростков амаранта в процессе изготовления рубленых мясных полуфабрикатов. Данный обзор акцентирует внимание на значимой роли сбалансированного питания в поддержании здоровья человека, подчеркивает особую важность употребления продуктов с высоким уровнем пищевой ценности, а также освещает перспективы их внедрения в производственные технологии. Дополнительно были проанализированы рыночные тенденции по вопросам производства мяса и продуктов питания функционального назначения.

Второй этап. На втором этапе осуществлено исследование антиоксидантной активности экстракта проростков амаранта в сравнении с другими объектами растительного происхождения.

Третий этап. На третьем этапе проведена выработка рубленых полуфабрикатов из индейки. В качестве контроля была принята рецептура рубленых полуфабрикатов по ГОСТ Р 32951–2014, в качестве экспериментальных образцов – рецептуры с добавлением экстракта проростков амаранта.

Четвертый этап. На четвертом этапе выполнены интегральные научные исследования органолептических, физико-химических характеристик контрольных

и опытных образцов рубленых мясных полуфабрикатов, включавшие анализ сенсорных показателей, оценку стабильности цвета и определение показателей безопасности. Основной задачей данного этапа являлся научный анализ воздействия экстракта проростков амаранта на совокупность потребительских и технологических характеристик готовых рубленых мясных изделий.

Пятый этап. На пятом, заключительном этапе проведен анализ полученных результатов и предложены рекомендации по улучшению пищевой ценности и качества рубленых полуфабрикатов.

Исследования были проведены в аккредитованной лаборатории на базе ООО Научно-исследовательский институт «Профи.Био».

Методы

Для установления соответствия органолептических показателей качества исследуемых рубленых полуфабрикатов требованиям нормативных документов осуществляли органолептическую оценку контрольного и экспериментальных образцов в соответствии с ГОСТ 99959–2015¹⁰ по пятибалльной шкале.

Энергетическую ценность разработанных полуфабрикатов определяли по химическому составу. Для расчета пользовались формулой

$$\text{ЭЦ} = 4 \cdot X_1 + 9 \cdot X_2 + 4 \cdot X_3, \quad (1)$$

где ЭЦ – энергетическая ценность продукта, ккал/100 г (1 ккал соответствует 4,186 кДж);

X_1 – массовая доля белка в продукте, г/100 г;

X_2 – массовая доля жира в продукте, г/100 г;

X_3 – массовая доля моно- и дисахаридов в продукте, г/100 г.

Окислительную стабильность исследуемых рубленых полуфабрикатов определяли на реакторе стабильности окисления Oxitest (VELP Scientifica, Usmate Velate (MB), Италия). Метод основан на ускорении процесса окисления липидов путем воздействия на образец среды с высоким окислительным стрессом. Для этого образец помещали в реактор, где он подвергался воздействию чистого кислорода при избыточном давлении 6 бар и температуре 90 °С. Результаты OXITEST выражали через индукционный период – время, необходимое для достижения исходной точки окисления, которую фиксировали на мониторе прибора по резкому изменению скорости окисления. Скорость окисления оценива-

⁹ ГОСТ Р 32951–2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Дата введения 2016-01-01.

¹⁰ ГОСТ 99959–2015. Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. Дата введения 2017-01-01.

ли по изменению давления кислорода в реакторе. Чем дольше индукционный период, тем выше устойчивость к окислению с течением времени.

Переокисное число (ПЧ) исследуемых рубленых полуфабрикатов определяли методом, основанным на окислении йодистоводородной кислоты пероксидами, содержащимися в жире, с последующим титрованием выделившегося йода тиосульфатом натрия по ГОСТ 34118–2017¹¹.

Антиоксидантную активность определяли методом кулонометрического титрования с применением прибора «Эксперт-006». Находили интегральную антиоксидантную активность с использованием электрогенерированного брома. Электрогенерацию брома осуществляли при постоянной силе тока 50 мА или 5 мА из водных 0,2 М растворов KBr в 0,1 М растворе H₂SO₄ с определением конца титрования вольтметрической индикацией с двумя поляризованными электродами из инертного металла. Результаты определения антиоксидантной активности получали в мг/1 г сухого вещества в пересчете на аскорбиновую кислоту.

Проращивание семян амаранта проводили в специально сконструированной аэропонной установке с автоматизированной системой контроля влажности и освещенности.

Водные экстракты получали с использованием электроимпульсного плазменно-динамического воздействия на смесь проростков амаранта и воды, что позволило максимально извлечь полезные вещества. Использовали электроимпульсный плазменно-динамический экстрактор компании «КоролёвФармТех»¹². В герметичной камере экстрактора, куда помещали смесь из измельченного сырья и воды, создавали электрические разряды большой силы для формирования плазменного электровзрыва среды, приводящего к генерированию мощных ударных волн. В результате такого воздействия происходит резкое ускорение экстракции за счет усиления перемешивания, интенсификации разрушения мембран растительных клеток, активации диффузных процессов. Экстракцию проводили при соотношении сырье/вода = 1/3, $t = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$, мощности импульса 34 кВт. Импульс подавали на электроды с частотой 1 Гц.

Все экспериментальные данные проводили в трехкратной повторности и обрабатывали методами математической статистики. При проверке статистических гипотез применяли уровень доверительной вероятности 0,95.

Среднее квадратичное отклонение определяли по формуле:

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i + x_{\text{ср}})^2}{n - 1}}, \quad (2)$$

где S — среднее квадратичное отклонение;
 $\sum (x_i + x_{\text{ср}})^2$ — сумма квадратов вариаций от средней арифметической;
 n — общее число вариантов (количество параллельных опытов);
 $n - 1$ — число степеней свободы.

Средняя арифметическая вариаций определялась по формуле:

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}, \quad (3)$$

где $x_1, x_2, x_3 \dots x_n \dots$ — вариации (отдельные результаты опытов);
 n — общее число вариантов (количество параллельных опытов).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После анализа имеющейся научно-технической литературы был проведен лабораторный эксперимент, направленный на изготовление рубленых мясных полуфабрикатов с добавлением экстракта проростков амаранта.

Для доказательства антиоксидантной активности экстракта проростков амаранта первоначально провели сравнительный анализ, позволяющий оценить степень антиоксидантных свойств указанного экстракта относительно других объектов растительного происхождения. Результаты исследования антиоксидантной активности экстракта проростков амаранта в сравнении с другими объектами растительного происхождения представлены в Таблице 2. Приведенные в таблице данные свидетельствуют о чрезвычайно высоком уровне антиоксидантной активности экстракта проростков амаранта, сопоставимом с аналогичным показателем коммерчески доступного препарата «Сок из проростков пшеницы» и существенно превосходящем антиоксидантную эффективность многих распространенных фруктов, таких как яблоки сорта «Антоновка».

На следующем этапе исследования произведена выработка образцов рубленых полуфабрикатов из бедра индейки: контроль по ГОСТ Р 32951–2014, вариант 1 (содержит 1 % экстракта проростков амаранта), вариант 2 (содержит 2 % экстракта проростков амаранта)

¹¹ ГОСТ 34118–2017. Межгосударственный стандарт. Мясо и мясные продукты. Метод определения переокисного числа. Дата введения 2018-07-01.

¹² <https://kpht.ru/publikatsii/126> (Дата обращения: 14.09.2025).

Таблица 2
Антиоксидантная активность некоторых объектов растительного происхождения

Table 2
Antioxidant Activity of Some Plant-Based Substances

Наименование объектов растительного происхождения	Антиоксидантная активность, мг/1 г сухого вещества
Яблоко сорта «Антоновка»	0,1
Сок из проростков пшеницы	9,5
Экстракт проростков амаранта	12

и вариант 3 (содержит 3 % экстракта проростков амаранта). Образцы были выработаны по общепринятой технологии.

Органолептические показатели готовых продуктов оценивались по пятибалльной шкале дегустационной комиссией ООО НИИ «Профи.Био», в состав которой входило 5 человек. Результаты органолептической оценки образцов рубленых полуфабрикатов представлены на Рисунке 2.

- Органолептическая экспертиза выявила следующее:
- запах контрольных и опытных образцов соответствовал характерным ароматическим характеристикам, присущим данному типу мясных полуфабрикатов, отсутствовали посторонние запахи, что демонстрирует пригодность экстракта проростков амаранта для применения в рецептурах мясных изделий;
 - оценивая вкусовую составляющую, все члены экспертной комиссии подтвердили идентичность вкуса контрольных и опытных образцов, отсутствие посторонних привкусов и нежелательных оттенков аромата. Добавление экстракта проростков амаранта незначительно повлияло на общий вкус продукта.

Кроме того, средний балл по органолептическим показателям продуктов, выработанных из фарша, обогащенного экстрактом проростков амаранта выше, чем у контрольного образца, что позволяет сделать заключение о целесообразности использования экстрактов проростков амаранта для создания новых мясных продуктов функциональной направленности. На Рисунке 3 представлен внешний вид контрольного и опытных образцов рубленых полуфабрикатов в разрезе.

Анализ визуальных характеристик показал вариативность окрашивания срезов образцов: вариант 1 имел более насыщенно-темный оттенок в отличие от остальных вариантов, демонстрирующих менее яркие тона красной

Рисунок 2
Профиллограмма органолептической оценки рубленых полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта

Figure 2
Profilogram of Organoleptic Evaluation of Chopped Semi-Finished Turkey Products with Amaranth Sprout Extract

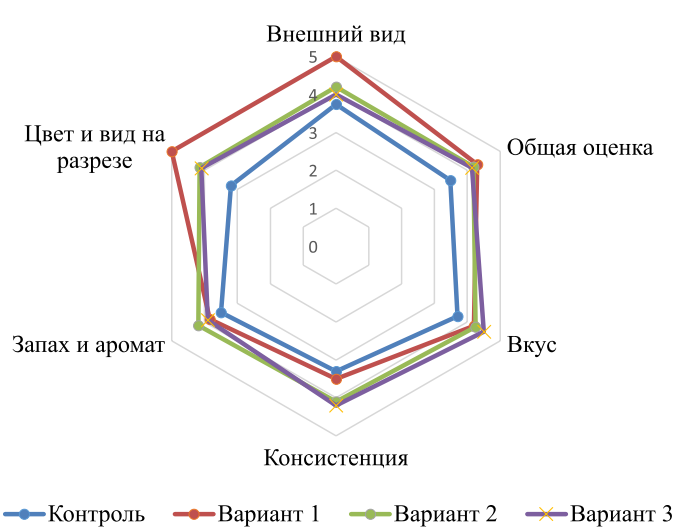
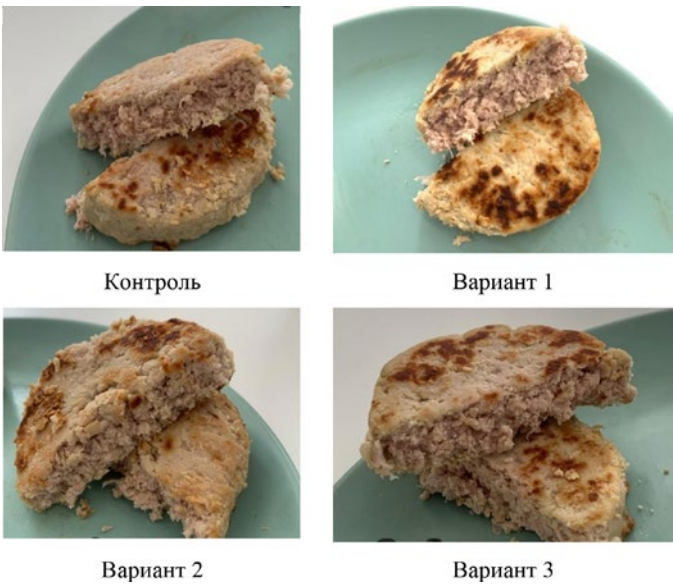


Рисунок 3
Фото исследуемых образцов полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта

Figure 3
Studied samples of Semi-Finished Turkey Products with Amaranth Sprout Extract



гаммы. Результаты определения пищевой и энергетической ценности, рассчитанные по уравнению (1) представлены в Таблице 3.

Таблица 3
Пищевая и энергетическая ценность полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта
Table 3
Nutritional and Energy Value of Semi-Finished Turkey Products with Amaranth Sprout Extract

Наименование показателей	Контроль	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Белок, г	21,64	21,68	21,76	21,79
Жир, г	5,64	5,66	5,68	5,69
Углеводы, г	0,13	0,32	0,51	0,69
Энергетическая ценность, ккал	138	139	140	142

Из таблицы видно, что включение экстракта проростков амаранта в состав полуфабрикатов оказывает минимальное воздействие на количество белков и липидов, но повышает содержание углеводов и энергетическую ценность. Результаты определения индукционного периода на приборе Oxitest представлены в Таблице 4.

Таблица 4
Результаты определения индукционного периода полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта
Table 4
Results of Determining the Induction Period of Semi-Finished Turkey Products with Amaranth Sprout Extract

Наименование образцов	Индукционный период
Контроль	44 мин
Вариант 1	47 мин
Вариант 2	50 мин
Вариант 3	52 мин

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что увеличение содержания в продукте экстракта проростков амаранта приводит к увеличению продолжительности индукционного периода, т. е. к повышению устойчивости к окислению с течением времени, особенно значительно (на 18 %) при добавлении в рецептуру 3 % экстракта. Полученные результаты подтверждают проявление выраженной антиоксидантной активности экстракта проростков амаранта при воздействии повышенных температур.

Результаты определения перекисного числа фарша для полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта на третий день хранения представлены в Таблице 5.

Таблица 5
Показатели перекисного числа образцов фарша из бедра индейки с экстрактом проростков амаранта на третий день хранения
Table 5
Peroxide Values of Minced Turkey Thigh Samples with Amaranth Sprout Extract on the Third Day of Storage

Номер образца	Содержание экстракта проростков амаранта, %	Перекисное число, мг I ₂ /100 г
Контроль	0	0,053
Вариант 1	1	0,018
Вариант 2	2	0,015
Вариант 3	3	0,011

Из данных таблицы видно, что добавление экстракта проростков амаранта приводит к значительному снижению (в 3–5 раз) перекисного числа, причем чем выше содержание экстракта в фарше, тем ниже значение перекисного числа.

Результаты микробиологического исследования фарша для полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта на седьмой день хранения представлены в Таблице 6. Экспериментальные данные доказывают, что добавление экстракта проростков амаранта проявляет выраженное деконтаминирующее действие, существенно снижая общую микробную обсемененность (КМАФАнМ), а готовые продукты соответствуют требованиям качества и безопасности.

Таблица 6
Результаты микробиологического исследования фарша для полуфабрикатов из индейки с экстрактом проростков амаранта на седьмой день хранения
Table 6
Results of Microbiological Testing of Minced Turkey for Semi-Finished Products with Amaranth Sprout Extract on the Seventh Day of Storage

Номер образца	КМАФАнМ, КОЕ (допустимое значение не более 1 · 10 ³)	БГКП (не допускается)	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы (не допускается)
Контроль	2,4 · 10 ²	не обнаружено	не обнаружено
Вариант 1	2,0 · 10 ²	не обнаружено	не обнаружено
Вариант 2	1,3 · 10 ²	не обнаружено	не обнаружено
Вариант 3	1,0 · 10 ²	не обнаружено	не обнаружено

Проведенные исследования показали целесообразность использования экстрактов проростков растений для обработки фарша с целью сохранения его качества и безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в ходе выполнения исследования, являются обоснованием перспективности применения экстракта проростков амаранта для получения новых обогащенных полуфабрикатов из мяса индейки. Присутствие экстракта проростков амаранта в составе продуктов придает им антиоксидантную активность, замедляя окислительные изменения и продлевая сроки хранения; обогащает продукты скваленом, но при этом не вызывает негативного влияния на структуру и текстуру продуктов, сохраняя требуемые физико-химические характеристики и положительные органолептические свойства мясных изделий.

Таким образом, добавление экстракта проростков амаранта в рецептуру мясных полуфабрикатов целесообразно и экономически оправдано, так как позволяет производить качественную продукцию с длительным сроком реализации и дополнительными преимуществами для здоровья потребителя. Результаты исследования открывают широкие перспективы для дальнейшего промышленного применения экстракта проростков амаранта в мясопереработке, создавая основу для выпуска конкурентоспособных продуктов, соответствующих современным требованиям здорового питания.

ВКЛАД АВТОРОВ

Ипатов Д. Е.: разработка концепции; проведение исследования; визуализация; написание черновика рукописи.

Данильчук Т. Н.: разработка концепции; научное руководство; написание рукописи: рецензирование и редактирование.

AUTHORS CONTRIBUTION STATEMENT

Dmitry E. Ipatov: conceptualization; investigation; visualization; writing – original draft.

Tatiana N. Danilchuk: conceptualization; supervision; writing – review & editing.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность директору Экспериментально-производственного центра биологических экстрактов Российского биотехнологического университета (РОСБИОТЕХ) С. Э. Белкину за участие в разработке концепции научного исследования и за предоставление образцов экстракта проростков амаранта.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their gratitude to Belkin S.E., the director of the Experimental and Production Center for Biological Extracts of the Russian Biotechnology University (BIOTECH University), for his contribution in the conceptualization of the study and for the provision of the amaranth sprout extract samples.

ЛИТЕРАТУРА

- Бойцова, Ю. С., & Аленин, И. П. (2020). Анализ рынка и маркетинговых возможностей в начале становления функционального питания в Европе. Вестник Алтайской академии экономики и прав, (5(1)), 19–26. <https://doi.org/10.17513/vaael.1108>
- Высотчина, Г. И. (2013). Амарант (*Amaranthus l.*): химический состав и перспективы использования (обзор). Химия растительного сырья, (2), 5–14. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>
- Голубкина, Н. А., Кекина, Е. Г., Молчанова, А. В., Антошкина, М. С., Надежкин, С. М., Солдатенко, А. И. (2020). Антиоксиданты растений и методы их определения: монография. ИНФРА-М. <https://doi.org/10.12737/1045420>
- Гончарова, Ю. К., Гончаров, С. В., Харитонов, Е. М., Фотев Ю. В., Симонова В. В., & Очкас Н. А. (2024). Антиоксиданты растительного происхождения и их нетрадиционные источники (обзор). Сельскохозяйственная биология, (59), 39–53. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.1.39rus>
- Данильчук, Т. Н., Ефремова, Ю. Г., & Корыстина, И. В. (2020). Напитки на основе молочной сыворотки и сублиматов проростков растений. Хранение и переработка сельхозсырья, (3), 69–81. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.305>

- Иванова, М. И., Кашлева, А. И., Михайлов, В. В., & Разин О. А. (2016). Инновационная специфическая продукция: органические ростки и сеянцы. *Овощи России*, (1), 29–33. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-29-33>
- Исмаилова, Н. Н. к. (2023). Сквален – лекарственный компонент амаранта. *Журнал химии товаров и народной медицины*, (4(2)), 128–145. <https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol2.iss4.2023.217> .
- Кольтюгина, О. В. (2011). Использование семян амаранта в молочных продуктах. *Ползуновский вестник. Раздел 2. Технологии производства и аппаратурное оформление новых пищевых продуктов*, (3/2), 163–166.
- Кононков, П. Ф. (2011). Амарант – ценная овощная и кормовая культура многопланового использования. *Аграрный вестник Урала*, (4 (83)), 63–64.
- Кутенков, Р. П., Андрющенко, С. А, & Васильченко, М. Я. (2009). Прогнозы обеспечения населения России отечественной мясомолочной продукцией до 2030 г. *Проблемы прогнозирования*, (5), 75–84.
- Молибога, Е. А., Сухостав, Е. В., Козлова, О. А., & Зинич, А. В. (2022). Анализ рынка функционального питания: российский и международный аспект. *Техника и технология пищевых производств*, (4(52)), 775–786. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2405>
- Мячникова, Н. И., Сорокопудов, В. Н., Биньковская, О. В., & Думачева, Е. В. (2012). Пророщенные семена как источник пищевых и биологически активных веществ для организма человека. *Современные проблемы науки и образования*, (5).
- Никитин, В. В., Титов, Е. И., & Литвинова, Е. В. (2020). О возможности использования продуктов переработки амаранта в мясных системах. *Health, Food & Biotechnology*, (2(3)), 67–77. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i3.s93>
- Росляков, Ю. Ф., Шмалько, Н. А., & Бочкова, Л. К. (2004). Перспективы использования амаранта в пищевой индустрии. *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки*, (4), 92–95.
- Ружило, Н. С. (2023). Применение измельченного зерна амаранта в производстве мясопродуктов. *Вестник КрасГАУ*, (9), 192–198. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-192-198>
- Точеный, Г. М. (2018). Система государственного регулирования обеспечения населения России мясом и мясопродуктами. *Вестник Российской таможенной академии*, (1), 154–161.
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., & Bhat, T. A. (2023). Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chemistry*, (18), Article 100687. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>
- Manish, K., Vinay, P., Ashwini, K. N., Brajesh, K. S., Manoj K. S., & Jalaj K. G. (2021). Plants as a source of potential antioxidants and their effective nanoformulations. *Journal of Scientific Research*, (65(3)), 57–72. <https://doi.org/10.37398/JSR.2021.650308>
- Subramanian, D., & Gupta, S. (2016). Pharmacokinetic study of amaranth extract in healthy humans: A randomized trial. *Nutrition*, (32 (7–8)), 748–753. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.12.041>

REFERENCES

- Boitsova, Yu. S., & Alenin, I. P. (2020). Analysis of the market and marketing opportunities at the beginning of the development of functional nutrition in Europe. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava*, (5(1)), 19–26. <https://doi.org/10.17513/vaael.1108> (In Russ.)
- Danilchuk, T. N., Efremova Yu. G., & Korystina I. V. (2020). Beverages based on milk whey and freeze-dried plant sprouts. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 69–81. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.305> (In Russ.)
- Golubkina, N. A., Kekina, E. G., Molchanova, A. V., Antoshkina, M. S., Nadezhkin, S. M., Soldatenko, A. I. (2020). Plant Antioxidants and Methods of Their Determination: A Monograph. Moscow, INFRA-M, 181 p. <https://doi.org/10.12737/1045420> (In Russ.)
- Goncharova, Yu. K., Goncharov, S.V., Kharitonov, E.M., Fotev, Yu. V., Simonova, V. V., & Ochkas, N. A. (2024). Antioxidants of plant origin and their non-traditional sources (review). *Agricultural Biology*, (59), 39–53. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.1.39rus> (In Russ.)
- Ivanova, M. I., Kashleva, A. I., Mikhailov, V. V., & Razin, O. A. (2016). Innovative specific products: organic sprouts and seedlings. *Vegetable Crops of Russia*, (1), 29–33. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-29-33> (In Russ.)

- Ismailova, N. N. k. (2023). Squalene is a medicinal component of amaranth. *Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine*, (4(2)), 128–145. <https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol2.iss4.2023.217> (In Russ.)
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., & Bhat, T. A. (2023). Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chemistry*, (18), Article 100687. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>
- Koltyugina, O. V. (2011). Use of amaranth seeds in dairy products. *Polzunovsky Vestnik. Section 2. Technologies of Production and Hardware Design of New Food Products*, (3/2). (In Russ.)
- Kononkov, P. F. (2011). Amaranth is a valuable vegetable and fodder crop with multiple uses. *Agrarian Bulletin of the Urals*, (4 (83)), 63–64.
- Kutenkov, R. P., Andryushchenko, S. A., & Vasilchenko, M. Ya. (2009). Forecasts of Russian population's supply with domestic meat and dairy products until 2030. *Problemy Prognozirovaniya*, (5), 75–84. (In Russ.)
- Manish, K., Vinay, P., Ashwini, K. N., Brajesh, K. S., Manoj K. S., & Jalaj K. G. (2021). Plants as a source of potential antioxidants and their effective nanoformulations. *Journal of Scientific Research*, (65(3)), 57–72. <https://doi.org/10.37398/JSR.2021.650308>
- Moliboga, E. A., Sukhostav, E. V., Kozlova, O. A., & Zinich, A. V. (2022). Analysis of the Functional Nutrition Market: Russian and International Aspects. *Food Processing: Techniques and Technology*, (4 (52)), 775–786. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2405> (In Russ.)
- Myachnikova, N. I., Sorokopudov, V. N., Binkovskaya, O. V., & Dumacheva E. V. (2012). Sprouted seeds as a source of food and biologically active substances for the human body. *Modern Problems of Science and Education*, (5). (In Russ.)
- Nikitin, V. V., Titov, E. I., & Litvinova, E. V. (2020). On the possibility of using amaranth processing products in meat systems. *Health, Food & Biotechnology*, 2(3), 67–77. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i3.s93> (In Russ.)
- Roslyakov, Yu. F., Shmalko, N. A., & Bochkova, L. K. (2004). Prospects for the use of amaranth in the food industry. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Technical Sciences*, (4), 92–95. (In Russ.)
- Ruzhilo, N. S. (2023). Application of crushed amaranth grain in the production of meat products. *Vestnik KrasGAU*, (9), 192–198. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-192-198> (In Russ.)
- Subramanian, D., & Gupta, S. (2016). Pharmacokinetic study of amaranth extract in healthy humans: A randomized trial. *Nutrition*, (32 (7–8)), 748–753. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.12.041>
- Tocheny, G. M. (2018). The system of state regulation of providing the Russian population with meat and meat products. *Bulletin of the Russian Customs Academy*, (1), 154–161. (In Russ.)
- Vysotchina, G.I. (2013). Amaranth (*Amaranthus l.*): chemical composition and prospects of use (review). *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*, (2), 5–14. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005> (In Russ.)