

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА ПРОДУКТА

Никитина М.А.*[†], Чернуха И.М.

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: Парето-оптимальное множество, множество недоминируемых альтернатив, многокритериальная оптимизация

Аннотация

Научное направление моделирования многокомпонентных пищевых продуктов с определенным набором показателей пищевой и энергетической ценности до сих пор актуально во всем мире. В настоящее время хорошо изучены математические основы решения задач по одному критерию (однокритериальная оптимизация). Однако в различных областях инженерных решений, научно-исследовательской и управленческой деятельности встречаются многокритериальные задачи, в которых систему необходимо оптимизировать по нескольким критериям одновременно. Цель работы теоретическое обоснование методологии многокритериальной модели оптимизации рецептурного состава пищевого продукта в различных постановках для различных критериев пищевой, биологической, энергетической ценности, а также аминокислотного, жирнокислотного, витаминного и минерального соответствия. Предлагается использовать эффективный метод многокритериальной оптимизации — метод Парето. В связи с тем, что Парето-оптимальное решение может быть не единственным дано определение Парето-оптимального множества решений, как множества недоминируемых альтернатив. Авторами предлагается не выделять недоминирующие варианты продуктов питания, а несколько расширить подмножество путем выделения в исходном множестве ядра, все альтернативы которого несравнимы между собой, и любой вариант, невошедший в ядро, доминируется хотя бы одной альтернативой ядра. Дальнейшее усечение вариантов может быть достигнуто заданием других более жестких ограничений, например, увеличением порогового значения индекса согласия C и уменьшением порога индекса несогласия. Использование *it*-технологий, реализуемых методами многокритериальной структурной оптимизации и математического программирования, которые позволяют скорректировать и оптимизировать рецептуры пищевых продуктов по различным критериям нелинейного характера, структурировать полученное множество альтернатив и определить оптимальный вариант рецептуры пищевого продукта заданного качества, состава и свойств или рациона питания для определенной категории людей с учетом лечебно-профилактической направленности.

Original scientific paper

MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF A PRODUCT RECIPE COMPOSITION

Marina A. Nikitina*, Irina M. Chernukha

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: Pareto-optimal set, set of non-dominated alternatives, multi-criteria optimization

Abstract

The scientific direction of multicomponent food modeling with a certain set of indicators for nutritional and energy values is still topical in the whole world. At present, the mathematical foundations of solving tasks by a single criterion (single-criterion optimization) are well studied. However, multi-criteria tasks, in which a system is to be optimized by several criteria simultaneously, exist in various fields of engineer solutions, research and management activities. The aim of the work is to theoretically substantiate the methodology of the multi-criteria model of food recipe optimization in different settings for different criteria of nutritional, biological and energy values, as well as amino acid, fatty acid, vitamin and mineral adequacy. It is proposed to use an effective method of multi-criteria optimization — the Pareto method. Since the Pareto-optimal solution can be not the only one, the definition of the Pareto-optimal set of solutions is given as a set of non-dominated alternatives. The authors propose not to select non-dominative options of food products, but slightly extend a subset by choosing a nucleus in the initial set, in which all alternatives are incomparable to each other and any option that is not included in the nucleus is dominated by at least one alternative of the nucleus. The following reduction of the options can be achieved by imposing other tighter constraints, for example, by increasing the threshold value for the index of agreement C and decreasing the threshold value for the index of disagreement. The use of the *IT*-technologies realized by the methods of multi-criteria structure optimization and mathematical programming allows correcting and optimizing food recipes by different criteria of the non-linear character, structuring the obtained set of alternatives and detecting the optimal food recipe option with the targeted quality, composition and properties or a diet for a particular population category with consideration for the therapeutic and prophylactic direction.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Никитина М.А., Чернуха И.М. Многокритериальная оптимизация рецептурного состава продукта // Теория и практика переработки мяса. 2018; 3(3): 89–98. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-3-89-98

FOR CITATION: Nikitina M. A., Chernukha I. M. Multi-criteria optimization of a product recipe composition. *Theory and practice of meat processing*. 2018; 3(3): 89–98. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-3-89-98

Введение

Среди множества факторов внешней среды, оказывающих воздействие на организм человека, питание является одним из наиболее важных. Нарушения гомеостаза наиболее часто проявляются симптомокомплексами недостаточности белковой, белково-энергетической, витаминной и минеральной природы, что приводит к ослаблению иммунобиологической резистентности организма, в результате чего могут возникнуть инфекционные заболевания, снижение эффективной медикаментозной терапии.

Приоритетными задачами государственной политики Российской Федерации в области здорового питания являются увеличение производства и расширение ассортимента пищевых продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами, специализированных продуктов питания, продуктов функционального назначения, в том числе для питания в организованных коллективах, и биологически активных добавок к пище [1].

Новые умные технологии для производства специализированных продуктов, ориентированные на персонализацию питания, базирующиеся на внедрении цифровых технологий, позволят расширить ассортимент пищевых продуктов, что будет способствовать предупреждению развития многих неинфекционных заболеваний.

В настоящее время для проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов в основном используются методы линейного, экспериментально-статистического программирования и объектно-ориентированного подхода.

Процесс оптимизации состава рецептур основан на использовании расчетных критериев и понятий, предложенных Роговым И.А., Липатовым Н.Н. (мл.), Лисицыным А.Б., Титовым Е.И., а также методах системного анализа, моделирования и ассортиментно-рецептурной оптимизации, рассмотренных в работах Кафарова В.В., Гордеева Л.С., Протопопова И.И., Ивашкина Ю.А. и др.

Анализ научно-технической и патентной информации о современных тенденциях и перспективах совершенствования качества продуктов за счет проектирования нутриентной и технологической адекватности многокомпонентных пищевых смесей (сред) свидетельствует о том, что эти вопросы не остаются без внимания ведущих ученых и в наше время.

Липатовым Н.Н. (мл.) [2,3] проводились исследования по вопросам проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью с применением ЭВМ. Начальная стадия разработки теоретических основ и конкретных методов реализации принципов проектирования сбалансированных пищевых продуктов была связана с формализацией качественных и количественных представлений о рациональности использования незаменимых аминокислот.

Формализация учитывает взаимосбалансированность незаменимых аминокислот. На основании принципа Митчелла–Блока им предложены коэффициенты различия аминокислотного состава, утилитарности аминокислотного состава и показатель сопоставимой избыточности. Несмотря на теоретическую обоснованность, экспериментальная проверка взаимосбалансированности аминокислот включает в себя исследования метаболизма в организме человека, что является очень сложным [3].

Для нахождения частного критерия Липатовым Н.Н. (мл.) использовалась функция желательности Харрингтона. Преимущество функции желательности Харрингтона заключается в её безразмерности, что позволяет производить моделирование с использованием факторов различной размерности и диапазона значений варьируемых переменных. Этому подходу свойственен недостаток, который заключается в объединении многих факторов в один комплексный критерий, что значительно уменьшает степень корректности модели.

При разработке молочных продуктов [4] повышенной биологической ценности применялся метод экспериментально-статистического моделирования, основанный на выделении ключевого нутриента моделирования и оптимизации его качества.

В работе [5] предложена трех этапная методика проектирования рецептур геродиетических мясных продуктов. Первый этап связан с моделированием аминокислотного состава и выбором значений, в наибольшей степени удовлетворяющих критерию; второй — оценкой жирнокислотного состава; третий — расчетом энергетической ценности. Процесс моделирования осуществлялся авторами в общем виде циклическим алгоритмом, предложенным Липатовым Н.Н. (мл.) [2].

Муратовой Е.И. и др. [6] применяется модифицированный метод иерархий (или метод Саати) и объектно-ориентированный подход решения. Особенность данного метода — представление рецептуры в виде иерархической структуры. Каждая из вершин данной структуры — объект (сырье — полуфабрикат — готовый продукт). Каждый уровень — определенная стадия технологии изготовления пищевого продукта, в результате может иметь индивидуальное число вершин, расположенных ниже по иерархии. Алгоритм расчета многокомпонентного продукта начинается с расчета последнего уровня с наиболее длинной ветви иерархической структуры расчета.

Борисенко А.А. [7] на базе математических моделей и рекурсивного цикла обеспечивает получение необходимого набора вариантов и состава поликомпонентных смесей по критерию макро- и микронутриентного состава.

Бессоновой Л.И. [8] разработана структурированная функция качества для пищевых продуктов, основанная на определении автокорреляционной функции,

позволяющий построить прогнозную модель управления перспективными показателями технологических процессов, готовых пищевых продуктов и услуг.

Саниной Т.В. и Сербуловым Ю.С. (2004) предложена концепция дифференцированного подхода в комплексной оценке качества хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности. Авторы считают, что для объективной оценки повышения пищевой ценности приоритет в выборе определяющих показателей качества должен быть на стороне потребителей и оценка качества должна включать показатели продукции, которые удовлетворяют определенным потребностям в соответствии с ее назначением [9].

Запорожский А.А. с соавторами (2012) используя методологический подход к конструированию новых геродиетических продуктов с применением принципов современной нутрициологии, квалиметрии и теоретических постулатов пищевой комбинаторики нейросетевой аппроксимации теоретических (расчетных) и экспериментальных данных обосновал рецептуры новых продуктов геродиетического назначения с заданными качественными характеристиками на основе природного сырья [10].

Резниченко И.Ю. и др. (2012) научно обоснован комплексный товароведно-технологический подход к разработке функциональных пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами и пищевыми волокнами. В процессе исследования изучались факторы, формирующие качество специализированных изделий, определение критических контрольных точек в процессе производства и на этапе товародвижения с целью идентификации функциональной направленности продукта, разработку номенклатуры потребительских свойств, включающей, кроме органолептических, физико-химических показателей, показатели функциональной направленности и разработку алгоритма экспертизы функциональных завтраков сухих мюсли-батончика [11].

Киселев В.М. и Першина Е.Г. (2009) рассматривала производство и потребление функциональных продуктов как состояние многофакторной системы на основе методологии пищевой комбинаторики, паритета потребностей и *vital*-концепции с учетом современных требований науки о питании и их комплексной товароведной оценки. При данном подходе была изучена возможность эволюционного развития процесса проектирования функциональных продуктов питания на основе методологии пищевой комбинаторики, определены покупательские предпочтения функциональных продуктов питания и произведена их систематизация в виде модели потребительской ценности [12].

Большая роль в решении комплекса проблем, связанных с совершенствованием качества и технологий специализированных многокомпонентных продуктов питания, принадлежит информационным аспектам моделирования и оценки нутриентной адекватности

сырья и готовой продукции, являющихся объектами пищевых технологий.

К настоящему моменту разработаны и активно используются различные программные продукты для автоматизации технологических расчетов рецептур пищевых продуктов различных групп и рационов питания: Etalon [13], ШкоОптиПит [14], «Разработка рецептур композиций из растительного сырья» [15], Generic 2.0 [16], «Система расчётов для общественного питания» [17], CheesePro 1.0 [18], продукт «Вижен-Софт: Питание в детском саду» [19], «АВЕРС: Расчёт меню питания» [20], Шеф Эксперт [21] и т.д.

Все перечисленные программы осуществляют оптимизацию продукта, рациона на основании одного критерия (как правило критерия энергетической или пищевой ценности), остальные показатели (содержание конкретного макро — микронутриента, соотношение между ними) учитываются в качестве ограничений.

Однако множество реальных проблем в различных сферах исследовательской и управленческой деятельности связано с многофакторным анализом сложных систем и появлением класса многокритериальных задач принятия решений.

Цель статьи показать методологию многокритериальной модели оптимизации рецептурного состава пищевого продукта в различных постановках для различных критериев пищевой, биологической и энергетической ценности, аминокислотного, жирнокислотного, витаминного и минерального соответствия.

Объекты и методы

Большинство методов многокритериальной оптимизации принятия решений основывается на представлении о существовании так называемого лица, принимающего решения (ЛПР). Основным таким лицом является человек. Его интересы субъективны и служат основой соизмерения различных частных критериев. Существуют различные способы вовлечения человека в процесс принятия решений, на основе которых строятся различные многокритериальной методы принятия решений. Эти методы условно разбивают на три большие группы:

1 группа. Методы, основанные на выявлении предпочтений ЛПР и построения единственного критерия качества решения до рассмотрения конкретных альтернатив;

2 группа. Методы диалоговые итерационные человеко-машинные, состоящие в последовательном анализе возможных решений с постепенным выявлением предпочтений ЛПР и переходом к более предпочтительному решению;

3 группа. Методы, основанные на предварительном выделении множества оптимизированных (эффективных) решений и на представлении этого множества ЛПР [22,23].

Одним из наиболее эффективных методов многокритериальной оптимизации, когда число параметров, по которым производится оценка относительно невелико, является метод Парето [24,25,26,27], относящийся к 3 группе методов. Так как Парето-оптимальное решение может быть не единственным, то возникает понятие Парето-оптимального множества решений как множества недоминируемых альтернатив.

Метод Парето для решения задачи. Метод для демонстрации состояния системы, при котором значение каждого частного показателя, характеризующего систему, не может быть улучшено без ухудшения других. Согласно Парето: «Всякое изменение, которое никому не приносит убытков, а некоторым людям приносит пользу (по их собственной оценке), является улучшением» [28]. Значит, признаётся право на все изменения, которые не приносят никому дополнительного вреда.

Понятие Парето-оптимального множества. Определение: альтернатива A называется *доминирующей* по отношению к альтернативе B , если по всем критериям оценки альтернативы A не хуже, чем альтернативы B , а хотя бы по одному критерию оценка A лучше. Альтернатива B при этом называется *доминируемой*.

$$(y_i, y_j) \in R_p \rightarrow \forall_k : [f_k(y_i) \geq f_k(y_j)] \Delta [f(y_i) \neq f(y_j)], \begin{cases} f_1(x) \rightarrow \max \\ f_2(x) \rightarrow \max \end{cases}$$

Если для некоторой точки $y^0 \in Y$ не существует более предпочтительной по Парето точки, т.е. такой точки y , что $(y, y^0) \in R_p$, то тогда точка y^0 называется эффективным или Парето-оптимальным решением многокритериальной задачи (относится к множеству Парето).

Построения множества Парето. Приближенное построение множества Парето относится к числу очень важных и трудных задач численного анализа. С расширением круга проблем, значение методов эффективного анализа множества Парето непрерывно возрастает.

Аксиомы, являющиеся основой принципа Парето:

- аксиома исключения доминирующих решений: Для всякой пары допустимых решений, для которых имеет место соотношение, выполнено;
- аксиома Парето: Для всех пар допустимых решений, для которых имеет место неравенство, выполняется соотношение;
- принцип Парето: наилучшее решение многокритериальной задачи всегда выбирается из Парето-оптимального множества.

Если для пары рецептов (продуктов) нельзя установить предпочтение, то такие рационы называют несравнимыми. Решение является оптимальным по Парето, если не существует другого решения, улучшающего значение одного из критериев без ухудшения

при этом других критериев. Так как Парето-оптимальное решение может быть не единственным, то возникает понятие Парето-оптимального множества решений как множества недоминируемых альтернатив.

Результаты и обсуждение

В задачах структурной оптимизации состава многокомпонентных продуктов направленного действия (специализированного назначения) множество критериев выбора оптимального варианта включает критерии минимального отклонения от эталонных структур:

- аминокислотного состава продукта;
 - жирнокислотного состава;
 - содержание витаминов;
 - состава микроэлементов,
- а также критерии переваримости пищи, пищевой, биологической и энергетической ценности [29].

Исходное множество критериев $F_i; i = \overline{1, n}$ является открытым и может дополняться другими показателями и оценками качества продуктов, например усвояемости пищи. Каждый рецептурный вариант (альтернатива) Парето-оптимального множества решений для заданного набора исходных компонент рецептуры соответствует экстремальному значению одного из критериев $\text{extr} \{F_1, \dots, F_n\}$ при заданных ограничениях.

Общая постановка задачи многокритериального выбора оптимального продукта питания имеет следующий вид: $p = (p_1, p_2, \dots, p_n) \in P$ — множество альтернатив (рецептур продукта питания); $F_i(a_i) i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ — множество критериев оценки рецептур продуктов.

Если лучшей альтернативе (p_j) соответствует минимум критерия $F_i(p_j)$, то поиск оптимальной рецептуры продукта сводится к минимизации векторного критерия $F(P)$ на множестве альтернатив P :

$$F(P) = \{F_1(p_j), F_2(p_j), \dots, F_i(p_j), \dots, F_m(p_j)\} \rightarrow \min p \in P \quad (1)$$

В случае сравнения двух рецептов $p_i \in P$ и $p_j \in P$, при условии $F_i(p_i) \leq F_j(p_j)$ для всех $i, j = \overline{1, m}$, очевидно, что продукт p_i не хуже, чем продукт p_j и, если существует такое $i = \overline{1, m}$, что $F_i(p_i) < F_j(p_j)$, то продукт p_i лучше продукта p_j .

Пусть $WP(P)$ — множество несравнимых рецептов (продуктов), тогда для $p^* \in P$ и любого другого $p \in P$ всегда найдется такой критерий $F_i(p) i = \overline{1, m}$, для которого $F_i(p^*) < F_i(p)$, то можно утверждать, что рецептуры продуктов питания представляют собой Парето-оптимальное множество

$$WP(P) = \{p^* \mid \forall p \in P (\exists i = \overline{1, m} [F_i(p^*) < F_i(p)])\} \quad (2)$$

В связи с этим для заданного продукта получаем множество альтернативных решений, соответствующих экстремальным значениям отдельных критериев с невозможностью дальнейшего улучшения других критериев без ухудшения данного.

Для оценки и выбора лучшей альтернативы (продукта) необходимо структурировать альтернативы по критериям адекватности. Множество оцениваемых альтернатив заносится в «критериальную таблицу» (Табл. 1).

Таблица 1. Критериальная матрица альтернатив

	F_1	F_2	...	F_i	...	F_m
P_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1i}	...	x_{1m}
P_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2i}	...	x_{2m}
...
P_j	x_{j1}	x_{j2}	...	x_{ji}	...	x_{jm}
...
P_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{ni}	...	x_{nm}

где x_{ij} — оценка i -ой альтернативы (продукта) p_i по критерию j -му критерию (F_j) $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$.

Для построения бинарного предпочтения экспертом в данной области каждому из критериев F_i назначается вес ω_i , характеризующий его важность.

Для сравнения альтернатив (продуктов) p_i и p_j полное множество критериев разбивается на три подмножества $\{I_+, I_-, I_s\}$:

$I_+(p_i, p_j)$ — критерии, по которым рецептуры продукта p_i превосходят рецептуры продукта p_j ;

$I_-(p_i, p_j)$ — критерии, по которым рецептуры продукта p_i и рецептуры p_j имеют эквивалентные оценки;

$I_s(p_i, p_j)$ — критерии, по которым рецептуры продукта p_j превосходят рецептуры продукта p_i .

Далее экспертным путем определяются относительная важность $\omega_{+ij}, \omega_{=ij}, \omega_{-ji}$ каждого из этих подмножеств. Кроме этого задается некоторый порог C и считается, что продукт p_i превосходит продукт p_j только в том случае, когда функция f_s (индекс согласия) удовлетворяет условию

$$f_s(\omega_{+j}, \omega_{=j}, \omega_{-j}) \geq C \quad (3)$$

Важность групп критериев $I_+(p_i, p_j), I_-(p_i, p_j), I_s(p_i, p_j)$ определяется как сумма весов, входящих в них критериев

$$\omega^* = \sum \omega_i \quad (4)$$

где $*$ $\in \{+, -, =\}; l = I^*(i)$.

Дополнительно формируются условия, учитывающие не только порядок следования оценок продуктов питания p_i и p_j по критериям адекватности $F_i(P)$, но и значения их разностей

$$d_{ij} = \{F_k(p_i) - F_k(p_j)\}, i \neq j, i = \overline{1, m}; k = \overline{1, n} \quad (5)$$

Эти условия, называемые *индексом несогласия*, могут быть оценены в виде $d_{ij} \leq d$, где d — пороговое значение индекса несогласия.

Отношение предпочтения (R) оптимальности продуктов питания определяется условием

$$a_i R a_j \Leftrightarrow f_s(\omega_{+j}, \omega_{=j}, \omega_{-j}) \geq C \wedge [d_j \leq d] \quad (6)$$

Предлагается не выделять недоминирующие варианты продуктов питания, а несколько расширить подмножество путем выделения в исходном множестве ядра, все альтернативы которого несравнимы между собой, и любой вариант, невошедший в ядро, доминируется хотя бы одной альтернативой ядра. Дальнейшее усечение вариантов может быть достигнуто заданием других более жестких ограничений, например, увеличением порогового значения индекса согласия C и уменьшением порога индекса несогласия.

Выводы

Анализ основных методов многокритериальной оценки в принятии управленческих решений показал, что наиболее эффективный — метод Парето. Согласно которому решение является оптимальным, если не существует другого решения, улучшающего значение одного из критериев без ухудшения при этом других критериев. Информационные технологии многокритериального выбора, реализуемыми методами математического программирования, позволяют спроектировать продукты питания по множеству различных критериев, структурировать полученное множество альтернатив (рационов, блюд, продуктов) и сделать обоснованное предпочтение оптимального продукта питания заданного качества, состава и свойств.

Introduction

Among many environmental factors that affect the human body, nutrition is one of the most important. Disorders of homeostasis are most often manifested by the symptom complex of deficiency of protein, protein-energy, vitamin and mineral nature, which leads to weakening of the immune-biological resistance of the body and can result in infectious diseases and a decrease in the effectiveness of pharmacological therapy.

The priority tasks of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition are an increase in production and extension of an assortment of food products enriched with functional ingredients, specialized

foods, functional foods including those intended for nutrition in the organized groups, and biological active additives to food [1].

New smart technologies for production of specialized products oriented on personalization of nutrition and based on introduction of digital technologies will enable extension of food assortment, which will facilitate prevention of many noncommunicable diseases.

At present, the methods of linear, experimental statistical programming and object-oriented approach are mainly used for designing multi-component food recipes.

The process of optimization of recipe compositions is based on the use of the calculative criteria and concepts

proposed by Rogov I.A., Lipatov N.N. (Jr.), Lisitsyn A.B., Titov E.I., as well as on the methods of the systemic analysis, modeling and assortment and recipe optimization examined in the works of Kafarov V.V., Gordeev L.S., Protopopov I.I., Ivashkin Yu.A. et al.

The analysis of the scientific-technical and patent information about the modern trends and prospects of the product improvement by designing the nutrient and technological adequacy of the multi-component food mixtures (media) suggest that nowadays these questions also attract attention of prominent scientists.

Lipatov N.N. (Jr.) [2,3] carried out the studies on the issues of the computer-based design of products and diets with the targeted nutritional value. The initial stage of designing the theoretical foundations and specific methods for realization of the design principles for balanced food products was associated with formalization of the qualitative and quantitative concepts of the rational use of the essential amino acids. Formalization accounts for the mutual balance of the essential amino acids. Based on the principle of Mitchell and Block, he suggested the coefficient of amino-acid score difference, coefficient of amino acid composition utility and coefficient of comparable redundancy. Despite the theoretical substantiation, the experimental testing of the mutual balance of the essential amino acids includes the studies on the metabolism in the human body, which is quite complex [3].

To find the partial criterion, Lipatov N.N. (Jr.) used the Harrington's desirability function. The advantage of the function is its dimensionless, which allows modeling using the factors with different dimensions and ranges of values of varying variables. This approach has a disadvantage as it integrates many factors in one complex criterion, which significantly reduces a degree of model correctness.

When designing dairy products [4] with an increased biological value, the method of the experimental-statistical modeling based on the choice of the key nutrient of modeling and optimization of its quality was used.

In the study [5], the three stage method for designing recipes of gerodietetic meat products was proposed. The first stage is associated with modeling of the amino acid composition and a choice of values that meet the criteria to the highest degree; the second with the assessment of the fatty acid composition; the third with calculation of the energy value. The authors performed the process of modeling in the general form by the cyclic algorithm proposed by Lipatov N.N. (Jr.) [2].

Muratova E.I. et al. [6] used the modified method of hierarchy (or the Saaty method) and the objective-oriented approach to decisions. The peculiarity of this method is the presentation of a recipe as a hierarchical structure. Each peak of this structure is an object (the raw material — semi-finished product — finished product). Each level is a certain stage of the food production technology and, as a result, it can have the individual number of peaks located lower in the hierarchy. The algorithm of the multi-compo-

nent product calculation begins from calculating the last level from the longest path of the hierarchical structure of calculation.

Based on the mathematical models and recursive cycle, Borisenko A.A. [7] ensures obtaining a necessary set of options and compositions of multicomponent mixtures by the criteria of macro- and micronutrient composition.

Bessonova L.I. [8] developed the structured quality function for foods based on the detection of the autocorrelation function that allows constructing a predictive model for management of prospect indicators of technological processes, finished foods and services.

Sanina T.V. and Serbulov Yu.S. (2004) proposed a concept of the differentiated approach in the complex quality assessment of bakery products with enhanced nutritional value. The authors believe that for an objective assessment of an enhancement of the nutritional value, the priority in the choice of the determinative quality indicators should be on the consumer side and the quality assessment should include product indicators that satisfy certain needs according to its purpose [9].

Zaporozhsky A.A. et al. (2012) applied the methodological approach to constructing new gerodietetic products with the use of the principles of modern nutritiology, qualimetry and theoretical postulates of food combinatorics of neural network approximation of the theoretical (calculated) and experimental data for substantiation of recipes of new gerodietetic products with the targeted qualitative characteristics based on the natural raw materials [10].

Reznichenko I.Yu. et al. (2012) scientifically substantiated the complex product-technological approach to the development of functional foods enriched with biologically active substances and food fibers. During the investigation, he studied the factors that form quality of specialized products, determined the critical control points in the process of production and at the stage of product distribution with the aim of identification of the functional direction of a product, developed the nomenclature of the consumer properties including the indicators of the functional direction in addition to the organoleptic and physico-chemical indicators, and developed the algorithm of the expertise of the functional breakfast dry muesli bar [11].

Kiselev V.M. and Perchishina E.G. (2009) regarded production and consumption of functional products as a condition of a multifactor system based on the methodology of food combinatorics, parity of the needs and vital-concept with consideration for the modern requirements of food science and complex product quality assessment. Using this approach, a possibility of the evolutionary development of the process of functional food design based on the methodology of food combinatorics was studied, consumer preferences of functional foods were determined and systemized as a model of the consumer value [12].

The information aspects of modeling and assessment of the nutrient adequacy of raw materials and food products, which are the objects of food technologies, play an impor-

tant role in solution to the complex of problems associated with an improvement in quality and technologies of specialized multicomponent foods.

At present, different software products for automation of technological calculations of food recipes for different groups and diets have been developed and actively used: Etalon [13], ShkoOptiPit [14], «Development of recipes of compositions from plant raw materials» [15], Generic 2.0 [16], «Systems of calculations for foodservice industry» [17], CheesePro 1.0 [18], product «Vision-Soft: Nutrition in kindergarten» [19], »AVERS: calculation of nutrition menu» [20], Chef Expert [21] and so on.

All listed programs optimize a product and a diet based on a single criterion (as a rule, a criterion of the energy or nutritional value); other indicators (content of the specific macro- and micronutrients, their ratio) are taken into account as constraints.

However, many real problems in different spheres of research and management activities are connected with the multi-factor analysis of complex systems and emergence of the class of multi-criteria tasks for decision-making.

The aim of this work is to present the methodology of the multi-criteria model of food recipe optimization in different settings for different criteria of nutritional, biological and energy values, as well as amino acid, fatty acid, vitamin and mineral adequacy.

Objects and methods

The majority of the methods of multi-criteria optimization of decision-making are based on the idea of the existence of the so-called decision-maker. The main decision-makers are people. Their interests are subjective and serve as a basis for measuring different partial criteria. There are various methods for involving a person in the process of decision-making, on which basis different multi-criteria methods of decision-making are based. These methods can be conditionally divided into three large groups:

1 group. The methods based on determining preferences of a decision-maker and constructing a single criterion for solution quality before considering specific alternatives;

2 group. The dialogue iterative human-machine methods, which consist in the successive analysis of possible solutions with the gradual detection of preferences of a decision-maker and transition to a more preferable decision;

3 group. The methods based on the preliminary determination of a set of optimized (effective) solutions and presentation of this set to a decision-maker [22,23].

One of the most effective methods of multi-criteria optimization, when the number of assessment parameters is relatively low, is the Pareto method [24,24,25,26,27], which belongs to the 3rd group of methods. As the Pareto optimal solution can be not the only one, the concept of the Pareto-optimal set of solutions as a set of non-dominated alternatives arises.

The Pareto method for solving a task. This is the method for demonstration of a system state, when a value

of each individual indicator characterizing a system cannot be improved without worsening the others. According to Pareto, «any change that harms no one and brings benefits to some people (according to their own estimation) is an improvement» [28]. Therefore, the right to all changes that do not bring any additional harm to anyone is acknowledged.

The concept of Pareto-optimal set. Definition: It is said that alternative A dominates alternative B, if alternative A is no worse than alternative B by all assessment criteria, and alternative A is better than alternative B at least by one assessment criterion. With that, alternative B is called dominated.

$$(y_p, y_j) \in R_p \rightarrow \forall_k: [f_k(y_i) \geq f_k(y_j)] \Delta [f(y_i) \neq f(y_j)], \begin{cases} f_1(x) \rightarrow \max \\ f_2(x) \rightarrow \max \end{cases}$$

If for some point $y^0 \in Y$, there is no Pareto-preferred point; i.e., such point y , when $(y, y^0) \in R_p$, then the point y^0 is called the Pareto efficient or Pareto optimal solution to the multi-criteria task (belongs to the Pareto set).

Construction of the Pareto set. The approximate construction of the Pareto set belongs to the group of very important and difficult tasks of the numerical analysis. With extension of a problem range, a significance of the methods for effective analysis of the Pareto set constantly increases.

The axioms that are a basis of the Pareto principle include:

- the axiom of exclusion of dominating solutions: for each pair of feasible solutions, for which there is a relation, it is satisfied;
- the Pareto axiom: for all pairs of feasible solutions, for which there is inequality, the relation is satisfied;
- the Pareto principle: the best solution of the multi-criteria task is always chosen from the Pareto-optimal set.

If it is impossible to establish preference for a pair of recipes (products), then, these diets are called incomparable. A solution is Pareto-optimal, if there is no solution which improves a value of one criterion without worsening other criteria.

As the Pareto-optimal solution can be not the only one, the concept of Pareto-optimal set of solutions arises as a set of non-dominated alternatives.

Results and discussions

In the tasks of the structural optimization of the composition of multi-component products with the targeted action (having specialized purpose), a set of criteria for selection of the optimal option includes the criteria for minimal deviation from the reference structures:

- amino acid composition of a product;
- fatty acid composition;
- vitamin content;
- microelement content,

as well as the criteria of food digestibility, nutritional, biological and energy value [29].

The initial set of criteria $F_i; i = \overline{1, n}$ is open and can be complemented with other indicators and assessments of product quality, for example, food assimilability. Each recipe option (alternative) of the Pareto-optimal set of solutions for a given array of the initial recipe components corresponds to the extreme value of one of the criteria $\text{extr} \{F_1, \dots, F_n\}$ at the specified constraints.

The general task formulation for the multi-criteria choice of the optimal food product has the following form: $p = (p_1, p_2, \dots, p_n) \in P$ — a set of alternatives (food product recipes); $F_i(a_i) i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ — a set of criteria for assessment of product recipes.

If the minimum of the criterion $F_i(p_i)$ corresponds to the best alternative (p_j), than the search for an optimal product recipe comes down to minimizing the vector criterion $F(P)$ on the set of alternatives P :

$$F(P) = \{F_1(p_j), F_2(p_j), \dots, F_i(p_j), \dots, F_m(p_j)\} \rightarrow \min_{p \in P} \quad (1)$$

In case of comparison of two recipes, $p_i \in P$ and $p_j \in P$, upon the condition $F_i(p_i) \leq F_i(p_j)$ for all $i, j = \overline{1, m}$, it is evident that the product p_i is no worse than the product p_j and if there is such $i = \overline{1, m}$, that $F_i(p_i) < F_i(p_j)$, then the product p_i is better than the product p_j .

Let us assume that $WP(P)$ is a set of incomparable recipes (products), then for $p^* \in P$ and any other $p \in P$ there is always such criterion $F_i(p_i) i = \overline{1, m}$, for which $F_i(p^*) < F_i(p)$, and it can be concluded that product recipes represent the Pareto-optimal set

$$WP(P) = \{p^* \mid \forall p \in P (\exists i = \overline{1, m} [F_i(p^*) < F_i(p)])\} \quad (2)$$

Consequently, for a given product, we obtain a set of alternative solutions that correspond to the extreme values of the individual criteria without a possibility of the further improvement of other criteria without worsening the given one.

To assess and choose the best alternative (product), it is necessary to structurize alternatives by the criteria of adequacy. A set of assessed alternatives is entered into the «critical table» (Table 1).

Table 1. Critical matrix of alternatives

	F_1	F_2	...	F_i	...	F_m
P_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1i}	...	x_{1m}
P_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2i}	...	x_{2m}
...
P_j	x_{j1}	x_{j2}	...	x_{ji}	...	x_{jm}
...
P_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{ni}	...	x_{nm}

where, x_{ij} — is an assessment of the i^{th} alternative (product) p_i by the criterion j^{th} (F_j) $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$.

To construct the binary preference by an expert in this field, the weight ω_i , which characterizes its importance, is assigned for each criterion F_i .

To compare the alternatives (products) p_i and p_j , the total set of criteria is divided into three subsets $\{I_+, I_-, I\}$:

$I_+(p_i, p_j)$ — criteria, by which the recipes of the product p_i are superior to the recipes of the product p_j ;

$I_-(p_i, p_j)$ — criteria, by which the recipes of the product p_i and the recipes of the product p_j have the equivalent assessment results;

$I_-(p_i, p_j)$ — criteria, by which the recipes of the product p_j are superior to the recipes of the product p_i .

Then, the relative importance $\omega_{+ij}, \omega_{-ij}, \omega_{=ij}$ of each of these subsets is determined by expertise. In addition, a certain threshold C is set and it is considered that the product p_i is superior to the product p_j only in the case when the function f_s (index of agreement) satisfies the condition

$$f_s(\omega_{+j}, \omega_{=j}, \omega_{-j}) \geq C \quad (3)$$

An importance of the groups of criteria $I_+(p_i, p_j), I_-(p_i, p_j), I_-(p_i, p_j)$ is determined as a sum of weights of the included criteria

$$\omega^* = \sum \omega_i \quad (4)$$

where, $*$ in $\{+, -, =\}; l = I^*(i)$.

Additionally, the conditions are formed that take into account not only the sequence order of assessment results for food products p_i and p_j by the criteria of adequacy $F_i(P)$, but also the values of their differences

$$d_{ij} = \{F_k(p_i) - F_k(p_j)\}, i \neq j, i = \overline{1, m}; k = \overline{1, n} \quad (5)$$

These conditions, called the *index of disagreement* can be assessed as $d_{ij} \leq d$, where d is the threshold value of the index of disagreement.

The **preference relation (R)** for food product optimality is determined by the condition

$$a_i R a_j \Leftrightarrow f_s(\omega_{+j}, \omega_{=j}, \omega_{-j}) \geq C \wedge \lceil d_j \leq d \rceil \quad (6)$$

It is proposed not to select non-dominating options of food products, but slightly extend a subset by choosing a nucleus in the initial set, all alternatives of which are incomparable to each other and any option that is not included in the nucleus is dominated by at least one alternative of the nucleus. The following reduction of options can be achieved by assigning other tighter constraints, for example by increasing the threshold value for the index of agreement C and decreasing the threshold value for the index of disagreement.

Conclusions

Analysis of the main methods of the multi-criteria assessment in managerial decision making showed that the most effective of them is the Pareto method. According to this method, a solution is optimal, if there is no another solution that improves the value of one of the criteria without worsening the others. The information technologies of the multi-criteria choice, realized by the methods of mathematical programming allows designing food products by several different criteria, structurizing the obtained set of alternatives (diets, dishes, products) and determining the substantiated preference of the optimal food product with the targeted quality, composition and properties.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ № 1873-р от 25 октября 2010 г. [Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/902242308> Дата обращения 22.06.2018]
2. Липатов, Н.Н., Рогов, И.А. (1987). Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2, 9–15.
3. Липатов, Н.Н. (1990). Принципы и методы проектирования рецептур продуктов, балансирующих рационы. *Известия вузов. Пищевая технология*, 6, 5–10.
4. Лисин, П.А. (2007). Компьютерные технологии в рецептурах расчета молочных продуктов. М, ДеЛи принт. — 102 с.
5. Сатина, О.В., Юдина, С.Б. (2010). Информационные технологии проектирования продуктов геронтологического питания. *Мясная индустрия*, 6, 56–58.
6. Муратова, Е.И., Толстых, С.Г., Дворецкий С.И., Зюзина, О.В., Леонов, Д.В. (2011). Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: Учебное пособие. Тамбов, ТГТУ. — 80 с.
7. Борисенко, А.А. (2006). Алгоритм моделирования поликомпонентных смесей с использованием рекурсивного цикла и реляционной базы данных. *Информационные технологии*, 7, 69–71.
8. Бессонова, Л.П. (2009). Научная основа и практическая значимость использования метода QFD в улучшении качества пищевых продуктов. М., Изд-во Истоки. — 200 с.
9. Санина, Т.В., Сербулов, Ю.С. (2004). Дифференцированный подход в комплексной оценке качества хлебобулочных изделий. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 47–50.
10. Запорожский, А.А., Запорожская, С.П., Ковтун, Т.В., Ревенко, М.Г. (2012). Перспективы научных исследований в области разработки продуктов геродиетического назначения. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 2–3(326–327), 5–9.
11. Резниченко, И.Ю., Алешина, Ю.А., Галиева, А.И., Егорова, Е.Ю. (2012). Методология проектирования кондитерских изделий функционального назначения. *Пищевая промышленность*, 9, 28–30.
12. Киселев, В.М., Першина, Е.Г. (2009). Эволюционная методология проектирования функциональных продуктов питания. *Пищевая промышленность*, 11, 57–59.
13. Борисенко, А.А. (2005). «Etalon»: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610751. М., Роспатент.
14. Колесникова, Н.Г., Бородин, А.С., Шамкова, Н.Т., Зайко, Г.М., Григорьев, А.С. (2005). Электронный ресурс для расчета рационов школьного питания (ШкоОптиПит): Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612711. М., Роспатент.
15. Бугаец, И.А., Москаленко, Ф.В., Тамова, М.Ю., Бугаец, Н.А. (2007). Разработка рецептур композиций из растительного сырья (РКРС): Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007610187. М., Роспатент.
16. Запорожский, А.А., Запорожский, В.А. (2005). Программа для автоматизированного проектирования, расчета и оценки качества многокомпонентных рецептур пищевых продуктов (Generic-2.0): Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611720. М., Роспатент.
17. Гращенков, Д.В., Николаева, Л.И. (2002). Система расчетов для общественного питания: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002610284. М., Роспатент.
18. Кравченко, Э.Ф., Дунаев, А.В., Волкова, Т.А. (2010). Продукты из вторичного молочного сырья для рецептур плавяных сыров. *Сыроделие и маслоделие*, 2, 14–17.
19. Вижен-софт: автоматизация питания [Электронный ресурс: http://pitaniesoft.ru/nutrition_programs/baby_food/. Дата обращения 22.04.2018]
20. УМК «Работа с ИАС «Аверс: Расчет меню питания» [Электронный ресурс: <http://www.avers-edu.ru/UMK/index0.html>. Дата обращения 22.04.2018]
21. ChefExpert: Правильные документы для общепита [Электронный ресурс: <https://www.chefexpert.ru>. Дата обращения 22.04.2018]
22. Трифонов, А.Г. Многокритериальная оптимизация. [Электронный ресурс: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php. Дата обращения 18.05.2018]
23. Штойер, Р. (1992). Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложение / пер. с англ. М, Радио и связь. — 504 с.
24. Eichfelder, G. (2008). Adaptive scalarization methods in multiobjective optimization. Springer Berlin Heidelberg. [Электронный ресурс: doi: 10.1007/978-3-540-79159. Дата обращения 08.01.2018]
25. Fliege, J., Drummond, L.M.G., Svaiter, V.F. (2009). Newton's method for multiobjective optimization. *Journal on Optimization*, 2(20), 602–626.
26. Yu, Po-Lung (1985). Multiple-criteria decision making: concepts, techniques and extensions. Springer US. — 402 p.
27. Поддиновский, В.В. (1982). Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М, Наука. — 256 с.
28. Эффективность по Парето [Электронный ресурс: ru.wikipedia.org. Дата обращения 25.06.2018]
29. Титов, Е.И., Рогов, И.А., Ивашкин, Ю.А., Никитина, М.А., Глазкова, И.В., Митасева, Л.Ф. (2009). Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания. М., МГУПБ. — 124 с.

REFERENCES

1. The basics of the state policy of the Russian Federation in the field of the healthy nutrition of the population for the period up to 2020: Decree of the Government of the Russian Federation no. 1873-p of October 25, 2010. [Electronic resource: <http://docs.cntd.ru/document/902242308> Access date 22.06.2018]. (in Russian)
2. Lipatov, N.N., Rogov I.A. (1987). Methodology of food design with the required complex of food value indicators. *Izvestia vuzov. Pishhevaya tekhnologiya*, 2, 9–15. (in Russian)
3. Lipatov, N.N. (1990). Principles and methods for recipe design of products that balance diets. *Izvestia vuzov. Pishhevaya tekhnologiya*, 6, 5–10. (in Russian)
4. Lisin, P.A. (2007). Computer technologies in the recipe calculations for dairy products. M: DeLi print. — 102 p. (in Russian)
5. Satina, O.V., Yudina, S.B. (2010) Information technologies for designing products of gerontological nutrition. *Meat Industry*, 6, 56–58. (in Russian)
6. Muratova, E.I., Tolstyh, S.G., Dvoretzkiy, S.I., Zuyzina, O.V., Leonov, D.V. (2011) Automated design of complex multi-component food products: textbook. Tambov: TSTU. — 80 p. (in Russian)
7. Borisenko, A.A. (2006). Algorithm of modeling multi-component mixtures with the use of the recursive cycle and relation database. *Information technologies*, 7, 69–71. (in Russian)
8. Bessonova, L.P. (2009). Scientific basis and practical significance of the use of QFD method in improvement of food product quality. M: Publishing House Istoki. — 200 p. (in Russian)
9. Sanina, T.V., Serbulov, Yu.S. (2004). Differentiated approach in the complex assessment of bakery product quality. *Storage and processing of farm products*, 5, 47–50. (in Russian)
10. Zaporozhskaya, S.P., Kovtun, T.V., Revenko, M.G. (2012). Prospects of scientific investigations in the field of gerontological food development. *Izvestia vuzov. Pishhevaya tekhnologiya*, 2–3(326–327), 5–9. (in Russian)
11. Reznichenko, I.Yu., Alekhina, Yu.A., Galieva, A.I., Egorova, E.Yu. (2012). Methodology of design of confectionery products of functional purpose. *Food Industry*, 9, 28–30. (in Russian)
12. Kiselev, V.M., Pershina, E.G. (2009). Evolutional methodology of functional food design. *Food Industry*, 11, 57–59. (in Russian)
13. Borisenko, A.A. (2005). «Etalon»: Certificate of official registration of the computer program No. 2005610751. Moscow: Rospatent. (in Russian)
14. Kolesnikova, N.G., Borokikhin, A.S., Shamkova, N.T., Zaike, G.M., Grigoriev, A.S. (2005). Electronic resource for calculation of rations for school feeding (ShkoOptiPit): Certificate of official registration of the computer program No. 2005612711. Moscow: Rospatent. (in Russian)
15. Bugaets, I.A., Moskalenko, F.V., Tamova, M.Yu., Bugaets, N.A. (2007). Development of the recipe compositions from plant raw materials (RCPRM): Certificate of official registration of the computer program No. 2007610187. Moscow: Rospatent. (in Russian)
16. Zaporozhsky, A.A., Zaporozhsky, V.A. (2005). Program for automated design, calculation and assessment of quality of multi-component recipes of food products (Generic-2.0): Certificate of

official registration of the computer program No. 2005611720. Moscow: Rospatent. (in Russian)

17. Grashchenkov, D.V., Nikolaeva, L.I. (2002). The system of calculations for catering industry: Certificate of official registration of the computer program No. 2002610284. Moscow: Rospatent. (in Russian)

18. Kravchenko, E.F., Dunaev, A.V., Volkova, T.A. (2010). Products from secondary dairy raw material for melted cheese recipes. *Cheesemaking and buttermaking*, 2, 14–17. (in Russian)

19. Vision-Soft: Automation of nutrition [Electronic resource: http://pitaniesoft.ru/nutrition_programs/baby_food/. Access date 22.04.2018] (in Russian)

20. UMC «Work with IAS «Avers: Calculation of nutrition menu» [Electronic resource: <http://www.avers-edu.ru/UMK/index0.html>. Access date 22.04.2018] (in Russian)

21. ChefExpert: Right documents for foodservice industry [Electronic resource: <https://www.chefexpert.ru>. Access date 22.04.2018] (in Russian)

22. Trifonov, A.G. Multi-criteria optimization. [Electronic resource: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php. Date of circulation 05.18.2018]

23. Steuer, R.E. (1992). *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application / translation from English*. M: Radio and connection. — 504 p.

24. Eichfelder, G. (2008). *Adaptive scalarization methods in multiobjective optimization*. Springer Berlin Heidelberg. [Electronic resource: doi: 10.1007/978-3-540-79159. Date of circulation 01.08.2018]

25. Fliege, J., Drummond, L.M.G., Svaiter, B.F. (2009). Newton's method for multiobjective optimization. *Journal on Optimization*, 2(20), 602–626.

26. Yu, Po-Lung (1985). *Multiple-criteria decision making: concepts, techniques and extensions*. Springer US. — 402 p.

27. Poddinovsky, V.V. (1982). *Pareto-optimal solutions to multi-criteria tasks*. M: Nauka. — 256 p. (in Russian)

28. Pareto efficiency [Electronic resource: ru.wikipedia.org. Date of circulation 06.25.2018]

29. Titov, E.I., Rogov, I.A., Ivashkin, Yu.A., Nikitina, M.A., Glazkova, I.V., Mitaseva, L.F. (2009). *Expert system for optimization of product composition and nutrition rations*. M: MGUPB. — 124 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Никитина Марина Александровна — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, руководитель направления Информационных технологий Центра «Экономико-аналитических исследований и информационных технологий», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26
Тел.: +7-495-676-92-14
E-mail: m.nikitina@fncps.ru
*автор для переписки

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: +7-495-676-63-21
E-mail: imcher@inbox.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.
Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 28.08.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Marina A. Nikitina — candidate of technical sciences, docent, leading scientific worker, the Head of the Direction of Information Technologies of the Center of Economic and Analytical Research and Information Technologies, V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel: +7-495-676-92-14
E-mail: m.nikitina@fncps.ru
*corresponding author

Irina M. Chernukha — doctor of technical sciences, professor, corresponding member to the Russian Academy of Sciences, leading research scientist, Experimental clinic-laboratory «Biologically active substances of an animal origin», V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel: +7-495-676-63-21
E-mail: imcher@inbox.ru

Contribution

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 28.08.2018