

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОБОСНОВАНИЮ СТРУКТУРЫ СМЕСИ ОБОГАЩЕННОГО КРЕКЕРА

Г.В. Шуршикова¹, shurshikova@econ.vsu.ru

Е.С. Корнева², zaitzewazoya@yandex.ru

Н.М. Дерканосова², kommerce05@list.ru

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

Аннотация. Обогащение пищевых продуктов дефицитными в рационе питания населения нутриентами относится к наиболее обсуждаемым проблемам в области пищевых систем. Как правило, предлагается модификация рецептурных составов посредством внесения нетрадиционных для однородной группы продукции сырьевых ингредиентов. Обоснование выбора ингредиента, его доли в рецептурном составе, а также способа внесения традиционно осуществляется в серии экспериментов, воспроизводящих способ получения пищевого продукта. В качестве объекта обогащения выбран крекер как один из наиболее употребляемых видов мучных кондитерских изделий. Корректировка нутриентного состава крекера осуществлена посредством применения измельченного предварительно высушенного ИК-способом якона. Мука из якона отличается высоким содержанием пищевых волокон, преимущественно инулина, макроэлементов – кальция, фосфора, магния и микроэлементов, в том числе марганца, меди и селена. Имеет совместимый с крекером светло-кремовый цвет, слегка выраженный фруктовый запах и сладковатый привкус. В работе предложен аналитический подход к решению задачи обоснования соотношения ингредиентов в мучной композитной смеси для крекера. Обоснован выбор математического инструментария для проектирования структуры композитной смеси для производства обогащенного крекера в условиях нечетко заданных параметров смеси и вариации состава компонентов смеси. Это позволило рассчитать рациональную структуру смеси по критериям: максимальное содержание клейковины, максимальное содержание пищевых волокон. При этом учтена нестабильность содержания нутриентов, что характерно для сырьевых ингредиентов растительного происхождения. Для решения задачи использована модель условной оптимизации смеси в форме постановки задачи стохастического программирования с введением нечетких параметров.

Ключевые слова: крекер, пищевые волокна, клейковина, структура смеси, нечеткие параметры, модель, задача оптимизации

Для цитирования: Шуршикова Г.В., Корнева Е.С., Дерканосова Н.М. Разработка аналитического подхода к обоснованию структуры смеси обогащенного крекера // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 2. С. 76–84. DOI: 10.14529/food250208

Original article
DOI: 10.14529/food250208

DEVELOPMENT OF AN ANALYTICAL APPROACH TO SUBSTANTIATE THE STRUCTURE OF THE ENRICHED CRACKER MIXTURE

G.V. Shurshikova¹, shurshikova@econ.vsu.ru

E.S. Korneva², zaitzewazoya@yandex.ru

N.M. Derkanosova², kommerce05@list.ru

¹ Voronezh State University, Voronezh, Russia

² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Abstract. Fortification of food products with nutrients deficient in the diet of the population is one of the most discussed problems in the field of food systems. As a rule, it is proposed to modify the formulations by introducing non-traditional raw ingredients for a homogeneous product group. The justification of the choice of an ingredient, its proportion in the formulation, as well as the method of application is traditionally carried out in a series of experiments reproducing the method of obtaining a food product. A cracker was chosen as an object of enrichment, as one of the most commonly consumed types of flour confectionery products. The correction of the nutrient composition of the cracker was carried out through the use of crushed pre-dried IKON. Yacon flour is characterized by a high content of dietary fiber, mainly inulin, macronutrients – calcium, phosphorus, magnesium and trace elements, including manganese, copper and selenium. It has a light cream color compatible with a cracker, a slightly pronounced fruity smell and a sweet aftertaste. The paper proposes an analytical approach to solving the problem of substantiating the ratio of ingredients in a flour composite mixture for a cracker. The choice of mathematical tools for designing the structure of a composite mixture for the production of an enriched cracker under conditions of vaguely defined parameters of the mixture and variations in the composition of the mixture components is substantiated. This made it possible to calculate the rational structure of the mixture according to the criteria: maximum gluten content, maximum dietary fiber content. At the same time, the instability of the nutrient content is taken into account, which is typical for raw ingredients of plant origin. To solve the problem, we used a model of conditional optimization of a mixture in the form of a stochastic programming problem with the introduction of fuzzy parameters.

Keywords: cracker, dietary fiber, gluten, mixture structure, fuzzy parameters, model, optimization problem

For citation: Shurshikova G.V., Korneva E.S., Derkanosova N.M. Development of an analytical approach to substantiate the structure of the enriched cracker mixture. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 2, pp. 76–84. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250208

Введение

Одно из направлений корректировки рациона питания, обоснованной в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации с позиций обеспечения населения экономически доступными и физиологически полноценными продуктами [1], связано с поиском и применением нетрадиционных сырьевых ингредиентов. При этом помимо отличительного нутриентного состава, позволяющего сократить дефициты пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов, новый

ингредиент должен обеспечивать идентичность традиционного сенсорного восприятия продукта питания.

Традиционный подход к проектированию обогащенного продукта питания представляет собой задачу, для решения которой необходим комплекс исследований, подтверждающих функционально-технологические свойства нового ингредиента и его уникальный нутриентный состав. Этапы проведения такого исследования демонстрируют сложность и длительность такого процесса. Предложим

другой подход, основанный на построении математической модели, позволяющей спрогнозировать рецептурный состав изделия при условии улучшения его нутриентного состава и сохранения традиционного качества.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта в работе был принят крекер – мучное кондитерское изделие, пользующееся популярностью у разных категорий населения. Этот факт подтвержден изучением лояльности потребителей по отношению к группе продукции. В региональном разрезе крекер занимает вторую позицию после сахарного печенья. Корректировку нутриентного состава крекера осуществляли посредством применения муки из якона, полученной измельчением высушенного ИК-способом предварительно вымытого и нарезанного на пластины якона. Известно и подтверждено нашими исследованиями высокое содержание в яконе полифруктозана инулина и в целом пищевых волокон (ПВ), макроэлементов – кальция, фосфора и магния, микроэлементов – марганца, меди и селена, антиоксидантов и других биологически активных веществ [2–5]. Кроме того, мука из якона представляет собой порошкообразный полуфабрикат светло-кремового цвета слегка выраженного фруктового запаха и сладковатого вкуса, что вполне сочетаемо с сенсорными характеристиками крекера.

Постановка задачи расчета смеси для производства обогащенного посредством внесения в рецептурный состав муки из якона крекера:

- обосновать выбор математического инструментария для оптимизации состава комбинированной смеси для производства крекера (далее по тексту – смеси) в условиях нечетко заданных параметров смеси и вариации состава компонентов смеси;

- рассчитать оптимальную структуру смеси по критериям: максимальное содержание клейковины, максимальное содержание пищевых волокон (либо другого нутриента в обобщенном виде модели);

- при решении задачи оптимизации смеси учесть нестабильность содержания нутриентов и оценить влияние этой нестабильности на функциональные свойства конечного продукта;

- провести сравнительный анализ вариантов смеси на основе обобщенных показателей

качества в аспекте пищевой ценности конечного продукта (крекера).

Предлагается расчет смеси выполнять на основе известной математической модели условной оптимизации. В классическую модель оптимизации состава смеси предлагаем ввести стохастические параметры, характеризующие нестабильность состава компонент (например, содержание инулина ($56,6 \pm 1,40$) г/100 г, по другим нутриентам также имеет место вариация $\pm 5\%$, а в некоторых случаях и до 10%), и нечеткие параметры, характеризующие степень уверенности в допустимости свойств смеси. Например, требования по содержанию ПВ можно представить в виде нечеткого числа, что объясняется рекомендациями действующих документов по суточному потреблению ПВ в диапазоне 20–25 грамм в сутки (МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации [6, 7]), что объясняет требования к конечному продукту по содержанию ПВ в диапазоне 3,0–3,75 г/100 г.

Для реализации таких условий предлагается использовать модель условной оптимизации смеси в форме постановки задачи стохастического программирования. Однако ряд параметров модели имеют нечеткую природу, на практике допускается задавать значения таких параметров в виде диапазона допустимых значений, в котором значения имеют разную степень предпочтительности. Эту особенность можно учесть, если ввести в М-постановку задачи стохастического программирования нечеткие параметры. Исходя из физического смысла, нечеткими параметрами будут правые части ограничений b_i , например, значения технологических ограничений (клейковина, зольность) или границы предпочтений потребителей (калорийность, содержание нутриентов); также нечетко можно определить коэффициенты в ограничениях на допустимые доли компонент в смеси (содержание компоненты как «желаемое» значение), коэффициенты, характеризующие пропорции обогащающих компонент (одной компоненты «примерно в два раза» больше, чем другой) [8, 9].

Тогда имеет место задача оптимизации смеси, предусматривающая оптимизацию (как правило, максимизацию) среднего значения целевой функции, где n – число компонент

смеси, m – число ограничений с вероятностными коэффициентами:

$$\begin{cases} \tilde{F} = \sum_{j=1}^n M[c_j] \tilde{x}_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n M[a_{ij}] \tilde{x}_j + t(p_i) W_i \leq \tilde{b}_i, \\ W_i = \sqrt{\sigma^2 [a_{ij}] x_j^2}, \\ \sum_{j=1}^n \tilde{x}_j = 1, \\ \tilde{d}_j \leq \tilde{x}_j \leq \tilde{D}_j, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (1)$$

В модели (1) могут быть нечетко заданы $\tilde{b}_i = (b_i \in B_i / \mu_i(b_i))$ – предельно допустимые технологические и органолептические показатели i -го вида ($i = \overline{1, m}$), $\tilde{x}_j$ – доля компоненты j -го вида, $\tilde{d}_j \leq \tilde{x}_j \leq \tilde{D}_j$ – нечеткие границы доли компоненты.

В задаче (1) также приняты следующие обозначения: B_i , D_j – универсальные множества значений соответствующих нечетких параметров, μ – функции принадлежности нечетких параметров. Область определения функции μ – отрезок $[0; 1]$.

Необходимо найти такое решение системы (1)

$$\tilde{X} = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n), \quad (2)$$

где $\tilde{x}_j \geq 0$ ($j = \overline{1, n}$), при котором нечеткая функция $\tilde{F}$ принимает оптимальное (максимальное) значение.

Каждый нечеткий параметр зададим в виде нечеткого треугольного числа, функция принадлежности которого определяется по формуле

$$\mu_{\tilde{Y}}(y) = \begin{cases} \mu_{\tilde{Y}}^L = \frac{y - y^L}{m - y^L}; & y \in [y^L; m] \\ \mu_{\tilde{Y}}^R = \frac{y - y^R}{m - y^R}; & y \in [m; y^R] \\ 0; & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (3)$$

где $\mu_{\tilde{Y}}(y)$ – функция принадлежности, m – мода, y^L и y^R – соответственно левая и правая границы носителя нечеткого числа $\tilde{Y}$. То

есть нечеткие параметры заданы в виде тройки чисел $\tilde{Y} = (y^L; m; y^R)$.

Нечеткие числа можно представить в виде объединения четких подмножеств Y_α множества Y , каждое из которых называется α -интервалом $Y_\alpha = \{y \in Y / \mu_{\tilde{Y}}(y) \geq \alpha\}$; $\alpha \in [0; 1]$:

$$\tilde{Y} = \bigcup_{\alpha \in [0; 1]} \alpha Y_\alpha$$

В [10] приведен алгоритм решения задачи нечеткого программирования в случае, если ее параметры заданы в виде нечетких LR-чисел (к которым относятся и треугольные числа).

Шаг 1. Преобразовать нечеткие параметры задачи, заданные как треугольные нечеткие числа в модифицированные нечеткие LL/RR-числа с помощью преобразования

$$\bar{y}(\alpha) = \lambda y^L(\alpha) + (1 - \lambda) y^R(\alpha), \quad \lambda \in [0; 1]. \quad (4)$$

Для этого надо представить границы α -интервалов в виде

$$\begin{aligned} y^L(\alpha) &= \alpha m + (1 - \alpha) y^L, \\ y^R(\alpha) &= \alpha m + (1 - \alpha) y^R. \end{aligned} \quad (5)$$

Выбрать подходящее значение λ для каждого нечеткого параметра, например, по формуле

$$\lambda = \frac{m - y^L}{y^R - y^L}. \quad (6)$$

Шаг 2. Решить задачу с модифицированными нечеткими параметрами как задачу с четкими параметрами при $\alpha = 1$. Обозначить решение $\bar{X}(1)$.

Шаг 3. Решить эту же задачу с параметрами, соответствующими $\alpha = 0$. Обозначить решение $\bar{X}(0)$.

Шаг 4. Построить модифицированное нечеткое решение как линейную комбинацию решений $\bar{X}(0)$ и $\bar{X}(1)$.

$$\bar{X}(\alpha) = \bar{X}(0) + (\bar{X}(1) - \bar{X}(0))\alpha. \quad (7)$$

Следует пояснить смысл α -уровня применительно к данной задаче – α -уровень характеризует границы расчетного значения критерия, поскольку в случае нечеткого задания параметров и целевая функция, и искомые переменные представлены интервалом допустимых значений. При $\alpha = 0$ значение параметра определено с минимальным значением функции принадлежности, как минимально допустимое, критерий оптимизации –

значение нечеткого числа также с минимальным значением функции принадлежности. При $\alpha=1$ значение параметра соответствует наиболее предпочтительному, критерий оптимизации – значение нечеткого числа с максимальным значением функции принадлежности.

Для того чтобы снизить размерность задачи и иметь возможность получить несколько вариантов решения с последующим сравнительным анализом вариантов, выделим в составе смеси только те компоненты, которые обеспечивают исследуемые свойства и подлежат определению в рамках данной задачи. Значения в табл. 1 получены на основе разработанной нами производственной рецептуры крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона.

На основании табл. 1 можно определить коэффициент пересчета содержания нутриентов в готовом продукте. Так, доля муки, якона и тмина в исходной смеси – 0,884, доля неизменяемых компонентов (сахар, соль, дрожжи, масло) в сумме составляет 0,116. Из расчетов коэффициент, учитывающий потери по сухим

веществам, и соответственно, их «сохранность» в готовом продукте – 0,974. Соответственно, определяя, например, количество ПВ в готовом продукте (на выходе), нужно умножить расчетное количество ПВ в оптимальной трёхкомпонентной смеси на 0,974.

Исходные данные для расчета смеси по модели (1) приведены в табл. 2.

Предварительные расчеты показали, что данный набор ингредиентов и их состав может обеспечить как рациональное значение клейковины, так и оптимальное значение пищевых волокон, поэтому была проведена серия вычислительных экспериментов для критерия «максимум клейковины» с нечеткими ограничениями по ПВ и содержанию тмина и серия для критерия «максимум ПВ» с нечеткими ограничениями по клейковине и содержанию тмина. Кроме того, учитывалась возможная вариация параметров, соответствующих содержанию нутриентов в ингредиентах смеси. Необходимость ограничить содержание тмина объясняется тем, что якон существенно превосходит тмин по содержанию ПВ, и целевые показатели смеси достигаются и

Таблица 1
Данные для определения коэффициентов пересчета результатов оптимизации смеси

Сырье и полуфабрикаты	Расход сырья, кг на 10 кг готовой продукции в натуре	Доли сырья в базовом варианте, в смеси, ед.	Доли сырья в базовом варианте, в готовом продукте	Доли оптимизируемого сырья в базовом варианте, в натуре
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, в том числе на опару	8,61	$8,61/11,02 = 0,781$	0,861	$8,61/9,74 = 0,884$
Мука из якона (ЯМ)	0,95	0,086	0,095	0,098
Тмин	0,18	0,016	0,018	0,018
Всего	9,74	0,884	0,974	1,000
Сахарная пудра	0,04	0,004	0,004	х
Соль поваренная пищевая	0,17	0,015	0,017	х
Дрожжи хлебопекарные сухие	0,06	0,005	0,006	х
Масло растительное (подсолнечное) дезодорированное	1,01	0,092	0,101	х
Итого	11,02	1,000	1,102	1,000
Выход	10	0,907	1,000	0,907

Таблица 2

Исходные данные для расчета смеси

Наименование и единицы измерения	Обозначение в модели опти- мизации ПВ	Обозначение в модели оптими- зации клейкови- ны	Значение
Средние значения содержания клейковины в пшеничной муке, ЯМ и тмине соответственно, %	$M[a_{11}]$ $M[a_{12}]$ $M[a_{13}]$	$M[c_1]$ $M[c_2]$ $M[c_3]$	28 0 0
Средние значения содержания ПВ в пшеничной муке, ЯМ и тмине соответственно, г/100 г	$M[c_1]$ $M[c_2]$ $M[c_3]$	$M[a_{11}]$ $M[a_{12}]$ $M[a_{13}]$	0,2 62,1 38,0
Нижняя граница содержания в смеси пшеничной муки, ЯМ и тмина соответственно, доля	d_1 d_2 d_3	d_1 d_2 d_3	0,6 0,05 0,05
Верхняя граница содержания в смеси пшеничной муки, ЯМ и тмина соответственно, доля	D_1 D_2 D_3	D_1 D_2 D_3	0,9 0,2 0,2
Рекомендованное содержание ПВ в смеси (нечеткое треуголь- ное число), г/100 г	$\tilde{b}_1$	$\tilde{b}_1$	(3,00; 3,75; 3,75)
Рекомендованное содержание клейковины в смеси (нечеткое треугольное число), г/100 г*	$\tilde{b}_1$	$\tilde{b}_1$	(25,0; 27,0; 27,0)
Доля тмина в смеси (нечеткое число)	$\tilde{b}_2$	$\tilde{b}_2$	Пример одного из вариантов расчёта (0,017; 0,019; 0,019)
Соотношение долей ЯМ и тмина (нечеткое треугольное число)		$\tilde{b}_3$	Пример одного из вариантов расчёта (2; 5; 5)

* Минимальное содержание клейковины в смеси, при котором может быть получен крекер.

без включения в смесь тмина. Однако тмин улучшает вкус и повышает пищевую ценность готового продукта, так как имеет высокое содержание отдельных микроэлементов (калий, кальций, медь, магний, марганец, цинк), что обеспечивает более сбалансированный состав готового продукта.

Искомые значения долей в смеси: пшеничной муки (x_1), порошкообразного полуфабриката якона (x_2), тмина (x_3) определяются нечетким решением (7), т. е. задаются значениями на α -уровне, равном нулю ($\alpha = 0$), и на α -уровне, равном 1 ($\alpha = 1$). Таким образом,

имеем нечеткое решение задачи оптимизации смеси, которое позволяет оценить приемлемые, обусловленные нечеткостью, значения долей компонент смеси

Результаты и их обсуждение

Результаты вычислительного эксперимента приведены в табл. 3 и 4. Решения, представленные в табл. 3 и 4, имеют вид модифицированного нечеткого числа вида $x(\alpha) = x(0) + k\alpha$. Как было сказано выше, α характеризует уровень соответствия полученного решения нечетко заданным условиям. В табл. 4 приведено оптимальное по содержа-

Таблица 3

Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию пищевых волокон при заданном уровне клейковины и доле тмина

Наименование	Доля при $\alpha = 0$	Коэффициент при параметре α	Доля при $\alpha = 1$
Вариация содержания клейковины 0,05			
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	0,870	0,070	0,940
Мука из якона (ЯМ)	0,113	-0,072	0,042
Тмин	0,017	0,002	0,019
Количество клейковины, %	26,098	2,088	28,186
Содержание пищевых волокон, г/100 г (макс)	7,848	-4,358	3,490

Таблица 4

Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию клейковины при заданном уровне пищевых волокон и доле тмина

Наименование	Доля при $\alpha = 0$	Коэффициент при параметре α	Доля при $\alpha = 1$
Вариация содержания ПВ 0,1			
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	0,945	-0,013	0,932
Мука из якона (ЯМ)	0,039	0,013	0,052
Тмин	0,016	0,001	0,017
Содержание пищевых волокон, г/100 г	3,210	0,816	4,026
Количество клейковины, % (макс)	28,354	-0,402	27,952

нию пищевых волокон решение с нечетко заданной долей тмина и нечетко заданной нижней допустимой границей клейковины. То есть имеем диапазоны значений, обеспечивающих приемлемые требования в смысле технологии (содержание клейковины) и в смысле соответствия продукту функционального назначения (содержание ПВ).

Решения, представленные в табл. 3 и 4, показывают, что смесь удовлетворяет технологическим требованиям по содержанию клейковины, и требованиям продукта функционального назначения по содержанию пищевых волокон. Решения представлены нечеткими числами, отражающими допустимые по уровню требований значениями, что позволяет гарантированно выполнять требова-

ния к смеси с учетом, в том числе, и фактора нестабильности содержания пищевых волокон и клейковины в компонентах смеси.

Таким образом, предложено аналитическое решение, позволяющее посредством вычислительного эксперимента целенаправленно сократить рутинный блок экспериментальных исследований и проводить экспериментальное подтверждение только обоснованного математически соотношения ингредиентов рецептурной смеси. При этом учтена нестабильность содержания нутриентов, характерная для сырьевых источников растительного происхождения, существенно зависящая от сортовой принадлежности, климатических условий года сбора урожая и зоны произрастания.

Список литературы

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 24.05.2025)
2. Корнева Е.С. Исследование потенциала якона в технологии обогащенного крекера: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 4.3.3. Орел, 2024. 17 с.
3. Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи – продукты и сырье для функционального питания // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 3. С. 121–127.
4. Гинс М.С., Пивоваров В.Ф., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Дерканосова Н.М. Научное обеспечение инновационных технологий при создании функциональных продуктов на основе овощных культур // Овощи России. 2014. № 1. С. 4–9. DOI: 10.18619/2072-9146-2014-1-4-9
5. Функциональные продукты питания из растительного сырья: учебное пособие / М.С. Гинс, Е.В. Романова, В.Г. Плющиков и др. М.: РУДН, 2017. 148 с.
6. МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой, 22 июля 2021 г. URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979 (дата обращения: 24.05.2025)
7. Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2021. Т. 90, № 4. С. 6–19.
8. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 1997. 384 с.
9. Методика расчета структуры мучной смеси для производства обогащенных хлебобулочных изделий / Г.В. Шуршикова, Н.М. Дерканосова, И.Н. Пономарева [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 63. С. 191–198. DOI: 10.21515/1999-1703-63-191-198
10. Матвеев М.Г. Анализ и решение задач выбора с параметрической нечеткостью // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». 2015. Т. 8, № 4. С. 14–29. DOI: 10.14529/mmp150402

References

1. *Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii: ukaz prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 21.01.2020 g. № 20* [On approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated 21.01.2020] No. 20. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (date of access: 24.05.2025)
2. Korneva E.S. *Issledovanie potentsiala yakona v tekhnologii obogashchennogo kreker* [Study of the potential of yacon in enriched cracker technology: abstract of a dissertation for the degree of candidate of technical sciences]. Orel, 2024. 17 p.
3. Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K. Vegetables – products and raw materials for functional nutrition. *Nutrition Issues*, 2017, vol. 86, no. 3, pp. 121–127. (In Russ.)
4. Gins M.S., Pivovarov V.F., Gins V.K., Kononkov P.F., Derkanosova N.M. Scientific support for innovative technologies in the creation of functional products based on vegetable crops. *Vegetables of Russia*, 2014, no. 1, pp. 4–9. (In Russ.) DOI: 10.18619/2072-9146-2014-1-4-9
5. Gins M.S., Romanova E.V., Plyushchikov V.G., Gins V.K., Pivovarov V.F. *Funktsional'nye produkty pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya* [Functional food products from plant materials]. Moscow, 2017. 148 p.
6. *MR 2.3.1.0253-21 «Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii»* [MR 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation”]. Approved by the Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights

Protection and Human Wellbeing, Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation A.Yu. Popova, July 22, 2021. URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979 (date of access: 05/24/2025)

7. Popova A.Yu., Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. On the new (2021) Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. *Nutrition Issues*, 2021, vol. 90, no. 4, pp. 6–19. (In Russ.)

8. Kuritsky B.Ya. *Poisk optimal'nykh resheniy sredstvami Excel 7.0* [Search for optimal solutions using Excel 7.0]. St. Petersburg, 1997. 384 p.

9. Shurshikova G.V., Derkanosova N.M., Ponomareva I.N. [et al.] Methodology for calculating the structure of a flour mixture for the production of enriched bakery products. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2016, no. 63, pp. 191–198. (In Russ.) DOI: 10.21515/1999-1703-63-191-198

10. Matveev M.G. Analyzing and solving problems of decision making with parametric fuzzy. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical modeling and programming*, 2015, vol. 8, no. 4, pp. 14–29. (In Russ.) DOI: 10.14529/mmp150402

Информация об авторах

Шуршикова Галина Владимировна, доцент кафедры информационных технологий и математических методов в экономике, кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия; shurshikova@econ.vsu.ru

Корнева Елена Сергеевна, специалист по учебно-методической работе факультета технологии и товароведения, кандидат технических наук, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия; zaitzewazoya@yandex.ru

Дерканосова Наталья Митрофановна, зав. кафедрой «Товароведения и экспертизы товаров», доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия; kommerce05@list.ru

Information about the authors

Galina V. Shurshikova, Associate Professor of the Department of Information Technology and Mathematical Methods in Economics, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russia; shurshikova@econ.vsu.ru

Elena S. Korneva, specialist in educational and methodological work at the Faculty of Technology and Commodity Science, Candidate of Technical Sciences, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia; zaitzewazoya@yandex.ru

Natalya M. Derkanosova, Head of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods, Doctor of Technical Sciences, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia; kommerce05@list.ru

Статья поступила в редакцию 05.04.2025

The article was submitted 05.04.2025