

Проектирование и моделирование новых продуктов питания Engineering and modeling new food products

Научная статья
УДК 664.64.022.39:51-74
DOI: 10.14529/food240203

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РЕЦЕПТУРНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г.В. Шуршикова¹, gshurshikova@list.ru
Н.М. Дерканосова², kommerce05@list.ru
Т.В. Пономарева², ponom4991@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

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

Аннотация. Разработка продуктов питания, способствующих потреблению пищевых веществ в физиологически обоснованных нормах, относится к приоритетным задачам в области пищевых систем. Рассмотрен вопрос перспективности применения вторичных продуктов производства сока в технологии обогащенных хлебобулочных изделий. В качестве обогащающих пищевыми волокнами ингредиентов приняты высушенные и измельченные выжимки сока прямого отжима из яблок, тыквы и айвы. Предложена методика аналитического обоснования структуры рецептурной смеси для производства хлебобулочных изделий функционального назначения. В *M*-постановку задачи стохастического программирования введены нечеткие параметры, учитывающие вариабельность свойств компонентов и характеризующие степень уверенности в допустимости свойств смеси. Проведен вычислительный эксперимент состава рецептурной смеси, в котором варьировалась доля выжимок тыквы в обогащающей добавке, как ингредиента, характеризующегося максимальным содержанием пищевых волокон. При этом для благоприятного сенсорного восприятия хлебобулочного изделия вводились и другие обогащающие ингредиенты – измельченные и высушенные выжимки яблок и айвы. Дополнительным направлением обогащения рассматривались макроэлементы фосфор и кальций с учетом их рекомендуемого соотношения 1:1, а также микроэлемент – цинк. Вариации содержания пищевых волокон, кальция, фосфора и цинка в компонентах смеси приняты 5 %. Получено решение в виде структуры смеси муки пшеничной и высушенных и измельченных выжимок из тыквы и яблок, удовлетворяющей технологическим требованиям по содержанию клейковины при выполнении условия по функциональности – обеспечения не менее 15 % суточной потребности в пищевых волокнах. Полученное решение экспериментально подтверждено в лабораторных условиях на примере хлебцев хрустящих.

Ключевые слова: выжимки из тыквы, яблок, айвы, пищевые волокна, нечеткий параметр, хлебобулочные изделия, функциональное назначение

Для цитирования: Шуршикова Г.В., Дерканосова Н.М., Пономарева Т.В. Аналитическое обоснование структуры рецептурной смеси для производства хлебобулочных изделий функционального назначения // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 2. С. 20–28. DOI: 10.14529/food240203

Original article
DOI: 10.14529/food240203

ANALYTICAL SUBSTANTIATION OF THE STRUCTURE OF THE RECIPE MIXTURE FOR THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL BAKERY PRODUCTS

G.V. Shurshikova¹, gshurshikova@list.ru
N.M. Derkanosova², kommerce05@list.ru
T.V. Ponomareva², ponom4991@yandex.ru

¹ Voronezh State University, Voronezh, Russia

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

Abstract. The development of food products that promote nutrient intake at physiological levels is a priority in the food systems field. The issue of the prospects for using secondary products of juice production in the technology of fortified bakery products is considered. Dried and crushed directly pressed juice extracts from apples, pumpkins and quinces are used as ingredients enriching with dietary fiber. A technique for analytical substantiation of the structure of a recipe mixture for the production of functional bakery products is proposed. In the *M*-formulation of the stochastic programming problem, fuzzy parameters are introduced that take into account the variability of the properties of the components and characterize the degree of confidence in the admissibility of the properties of the mixture. A computational experiment was carried out on the composition of the recipe mixture, in which the proportion of pumpkin marc in the fortifying additive was varied, as an ingredient characterized by the maximum content of dietary fiber. At the same time, for a favorable sensory perception of the baked goods, other enriching ingredients were introduced – crushed and dried apple and quince pomace. An additional direction for enrichment was considered the macroelements phosphorus and calcium, taking into account their recommended ratio of 1:1, as well as the microelement zinc. Variations in the content of dietary fiber, calcium, phosphorus and zinc in the components of the mixture are assumed to be 5 %. A solution was obtained in the form of a structure of a mixture of wheat flour and dried and crushed pumpkin and apple marc, which satisfies the technological requirements for gluten content while fulfilling the functionality requirement – providing at least 15 % of the daily requirement for dietary fiber. The resulting solution was experimentally confirmed in laboratory conditions using the example of crispbread.

Keywords: pumpkin, apple, quince pomace; dietary fiber; fuzzy parameter; bakery products; functional purpose

For citation: Shurshikova G.V., Derkanosova N.M., Ponomareva T.V. Analytical substantiation of the structure of the recipe mixture for the production of functional bakery products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 20–28. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240203

Введение

Корректировка рационов питания для обеспечения норм физиологической потребности в энергии и пищевых веществах относится к задачам, определяющим продолжительность и качество жизни населения [1–3]. Целесообразно решение этой задачи посредством разработки и реализации рецептурных составов и технологий обогащенных продуктов питания, традиционно входящих в ежедневные рационы. К этой группе, несомненно, относятся хлебулочные изделия. При этом традиционность их употребления ставит оп-

ределенные условия при разработке новых видов продукции. Это, прежде всего, сохранение или некритичное отклонение общепринятых сенсорных характеристик, а также натуральность и доступность обогащающих сырьевых ингредиентов. Последним критериям в полной мере отвечают вторичные продукты сокового производства.

Соответственно, целью исследований стала оценка перспектив применения выжимок, полученных при реализации низкотемпературной технологии концентрированного сока, в технологии обогащенных хлебулоч-

ных изделий [4–6]. В наших более ранних исследованиях показана перспективность этого сырьевого источника в технологии мучных кондитерских изделий [7].

Объекты и методы исследования

В работе использована методика, основанная на аналитических исследованиях, включающая:

- определение направления обогащения и диапазона рекомендуемого содержания нутриента в обогащенном продукте;
- формирование пула обогащающих ингредиентов с учетом их органолептических характеристик и нутриентного состава;
- выбор математического аппарата, обеспечивающего расчет рецептурной смеси при выполнении заданных условий;
- определение и обоснование исходных данных, проведение вычислительного эксперимента состава рецептурной смеси, исследование устойчивости и чувствительности полученных решений.

Учитывая проведенные ранее исследования по нутриентному составу выжимок, в качестве направления обогащения были выбраны пищевые волокна (ПВ). В соответствии с [2] суточная норма потребления ПВ составляет 20–25 г. Дополнительным направлением обогащения рассматривались макроэлементы фосфор и кальций с учетом их рекомендуемого соотношения 1:1, а также микроэлемент – цинк.

В качестве обогащающих ингредиентов приняты указанные выше высушенные ИК-способом и измельченные до гранулометрии не более 315 мкм выжимки сока прямого отжима из яблок, айвы и тыквы.

Предлагается расчет смеси выполнять на основе известной математической модели условной оптимизации. При этом в классическую модель оптимизации составления смеси целесообразно ввести стохастические параметры, характеризующие вариабельность свойств компонент (например, содержание клетчатки в отдельных компонентах смеси в исследованиях колеблется в диапазоне ± 5 –8 %), и нечеткие параметры, характеризующие степень уверенности в допустимости свойств смеси (например, требования по содержанию ПВ можно представить в виде нечеткого числа).

Для реализации таких условий предлагается использовать постановку задачи стохастического программирования [8, 9]. Однако

ряд параметров модели имеют иную природу, на практике допускается задавать значения этих параметров в виде допустимого диапазона, в котором значения этой величины имеют разную степень предпочтительности. Эту особенность можно учесть, если ввести в M -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, цена); 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).

Тогда имеет место задача составления смеси, предусматривающая оптимизацию (как правило, максимизацию) среднего значения целевой функции:

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

где n – число компонент смеси, m – число ограничений с вероятностными коэффициентами.

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 $\tilde{x}_j \geq 0$ ($j=1, \dots, n$), 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

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

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 данной задаче – это уровень риска недостаточного потребления для расчетного содержания нутриента, степень уверенности в определении заданных значений параметров, а для критерия оптимизации (в данном случае – содержание клейковины), α -уровень характеризует границы расчетного значения критерия. При $\alpha = 0$ риск недостаточного потребления максимален, значение параметра задано как минимально допустимое, критерий оптимизации – минимальное значение нечеткого числа. При $\alpha = 1$ риск недостаточного потребления минимален, значение параметра задано как наиболее предпочтительное, критерий оптимизации – значение нечеткого числа с максимальным значением функции принадлежности.

Результаты и их обсуждение

Исходные данные для расчета обогащенных изделий высушенными выжимками тыквы, яблока и айвы по модели (1) приведены в табл. 1. Предварительные расчеты показали, что принятые ингредиенты имеют высокий обогащающий потенциал. В качестве критерия оптимизации выбран показатель клейковины смеси.

Ограничение по содержанию ПВ в смеси отражает нечеткие требования к содержанию ПВ в смеси на уровне требований к продуктам функционального назначения. Также нечеткость вносит и объем потребления готового продукта (200–300 г). В данном случае приемлемо содержание ПВ в 100 граммах смеси в диапазоне от 2,18 до 2,72 г (см. табл. 1). Искомые значения долей в смеси: пшеничной муки (x_1), высушенных тыквы (x_2), яблок (x_3) и айвы (x_4) определяются нечетким решением (7), т. е. задаются значениями на α -уровне, равном нулю ($\alpha = 0$), и на α -уровне, равном 1 ($\alpha = 1$).

Таблица 1

Исходные данные для расчета смеси

Наименование и единицы измерения	Обозначение в модели	Значение
Средние значения содержания клейковины в пшеничной муке, высушенных выжимках тыквы, яблок и айвы соответственно, %	$M[c_1]$	30
	$M[c_2]$	0
	$M[c_3]$	0
	$M[c_4]$	0
Средние значения содержания ПВ в пшеничной муке, высушенных выжимках тыквы, яблок и айвы соответственно, г/100 г	$M[a_{11}]$	0,2
	$M[a_{12}]$	19,6
	$M[a_{13}]$	14,3
	$M[a_{14}]$	22,6
Нижняя граница содержания в смеси пшеничной муки, высушенных тыквы, яблок и айвы соответственно, доля	d_1	0,6
	d_2	0,05
	d_3	0,05
	d_4	0,0
Верхняя граница содержания в смеси пшеничной муки, высушенных выжимках тыквы, яблок и айвы соответственно, доля	D_1	0,9
	D_2	0,2
	D_3	0,1
	D_4	0,1
Предельно допустимое содержание ПВ в смеси (нечеткое треугольное число), г/100 г	\tilde{b}_1	(2,18; 2,72; 2,72)
Соотношение долей высушенных выжимках яблок и айвы (нечеткое треугольное число)	\tilde{b}_2	Пример одного из вариантов расчета (1; 4; 5)
Доля высушенных выжимок тыквы в доле обогащающей добавки (нечеткое число)	\tilde{b}_3	Пример одного из вариантов расчета (0,8; 0,7; 0,5)
Средние значения содержания кальция в пшеничной муке, высушенных выжимках тыквы, яблок и айвы соответственно, мг/100 г	$M[a_{21}]$	15
	$M[a_{22}]$	90
	$M[a_{23}]$	160
	$M[a_{24}]$	200
Расчетное содержание кальция в смеси, мг/100 г	Контроль	Нечеткое число
Средние значения содержания фосфора в пшеничной муке, высушенных выжимках тыквы, яблок и айвы соответственно, мг/100 г	$M[a_{31}]$	108
	$M[a_{32}]$	14
	$M[a_{33}]$	40
	$M[a_{34}]$	23
Расчетное содержание фосфора в смеси, мг/100 г	Контроль	Нечеткое число
Средние значения содержания цинка в пшеничной муке, высушенных выжимках тыквы, яблок и айвы соответственно, мг/100 г	$M[a_{41}]$	0,7
	$M[a_{42}]$	1,37
	$M[a_{43}]$	1,32
	$M[a_{44}]$	1,06
Расчетное содержание цинка в смеси, мг/100 г	Контроль	Нечеткое число

Результаты вычислительного эксперимента приведены в табл. 2. В эксперименте варьировалась доля выжимок тыквы в обогащающей добавке, что при высоком содержании ПВ в тыкве обусловлено необходимостью использования других обогащающих ингредиентов, улучшающих вкус, но, возможно, менее эффективных (например, для высушенных выжимок яблок) по содержанию ПВ. Вариации содержания ПВ, кальция, фосфора и цинка в компонентах смеси приняты 5 %. Решения, представленные в табл. 2, имеют вид модифицированного нечеткого числа вида $x(\alpha) = x(0) + k\alpha$. Как было отмечено выше, α характеризует степень соответствия полученного решения нечетко заданным условиям, в том числе уровень риска недостаточного потребления ПВ. Так, при доле выжимок тыквы

не более 75 % в обогащающей добавке клейковина смеси будет не менее 26,123 г/100 г, а содержание ПВ – не менее 2,18 г/100 г, что соответствует уровню ПВ для продукта функционального назначения.

Анализ решения в табл. 2 показал, что яблоко как ингредиент с минимальным обогащающим потенциалом в комбинации «тыква – яблоко – айва» при заданных условиях не включено в обогащающий комплекс. Однако, поскольку суммарная доля добавок составляет менее 15 %, исходные данные задачи были дополнены условием, что доля айвы не должна превышать 10 % от доли яблока, тем самым формализовано требование к смеси по обязательному содержанию яблока как компонента, улучшающего вкус. Решение представлено в табл. 3.

Таблица 2
Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию
клейковины при заданном уровне потребления пищевых волокон

Наименование	Доля при $\alpha = 0$	Коэффициент при параметре α	Доля при $\alpha = 1$
Доля выжимок тыквы в обогащающей добавке не более 0,75			
Мука пшеничная	0,900	-0,030	0,870
Выжимки тыквы	0,063	0,034	0,097
Выжимки яблок	0,000	0,000	0,000
Выжимки айвы	0,037	-0,004	0,032
Содержание клейковины, %	27,011	-0,891	26,120
Содержание пищевых волокон, г/100 г	2,180	0,540	2,720
Доля выжимок тыквы в обогащающей добавке не более 0,65			
Мука пшеничная	0,901	-0,028	0,873
Выжимки тыквы	0,056	0,026	0,083
Выжимки яблок	0,000	0,000	0,000
Выжимки айвы	0,042	0,002	0,044
Содержание клейковины, %	27,039	-0,854	26,184
Содержание пищевых волокон, г/100 г	2,180	0,540	2,720
Доля выжимок тыквы в обогащающей добавке не более 0,55			
Мука пшеничная	0,901	-0,027	0,875
Выжимки тыквы	0,056	0,012	0,069
Выжимки яблок	0,000	0,000	0,000
Выжимки айвы	0,042	0,014	0,056
Содержание клейковины, %	27,039	-0,795	26,243
Содержание пищевых волокон, г/100 г	2,180	0,540	2,720

Таблица 3

Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию клейковины при заданном уровне потребления пищевых волокон и с обязательным включением выжимок яблок в смесь

Наименование	Доля при $\alpha = 0$	Коэффициент при параметре α	Доля при $\alpha = 1$
Доля выжимок тыквы в обогащающей добавке не более 0,75			
Мука пшеничная	0,887	-0,030	0,857
Выжимки тыквы	0,080	0,027	0,107
Выжимки яблок	0,030	0,002	0,032
Выжимки айвы	0,003	0,000	0,003
Содержание клейковины, %	26,597	-0,886	25,711
Содержание пищевых волокон, г, 100 г	2,180	0,540	2,720
Доля выжимок тыквы в обогащающей добавке не более 0,65			
Мука пшеничная	0,885	-0,031	0,854
Выжимки тыквы	0,073	0,022	0,095
Выжимки яблок	0,039	0,008	0,047
Выжимки айвы	0,004	0,001	0,005
Содержание клейковины, %	26,539	-0,925	25,614
Содержание пищевых волокон, г, 100 г	2,180	0,540	2,720
Доля выжимок тыквы в обогащающей добавке не более 0,55			
Мука пшеничная	0,883	-0,033	0,850
Выжимки тыквы	0,067	0,015	0,082
Выжимки яблок	0,046	0,016	0,061
Выжимки айвы	0,005	0,002	0,006
Содержание клейковины, %	26,489	-0,980	25,509
Содержание пищевых волокон, г/100 г	2,180	0,540	2,720

В связи с тем, что в рассматриваемом обогащающем комплексе айва является дефицитным и дорогостоящим компонентом, решена задача оптимального состава смеси с условием минимизации содержания айвы (табл. 4). Также в табл. 4 приведено расчетное содержание кальция, фосфора и цинка, с учетом 5 % вариации этих нутриентов в компонентах смеси.

Решение, представленное в табл. 4, показывает, что смесь удовлетворяет технологическим требованиям по содержанию клейкови-

ны, возможны дополнительные исследования в направлении допустимости снижения клейковины с целью повышения пищевой ценности готового продукта за счет повышения доли обогащающих добавок.

Полученные результаты апробированы на примере хлебцев. Изделия по совокупности характеристик отвечают требованиям действующего стандарта, по содержанию пищевых волокон могут быть отнесены к функциональным.

Таблица 4

Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию клейковины при заданном уровне потребления пищевых волокон с минимальным содержанием выжимок айвы

Наименование	Доля при $\alpha = 0$	Коэффициент при параметре α	Доля при $\alpha = 1$
Доля тыквы в обогащающей добавке не более 0,60			
Мука пшеничная	0,880	-0,030	0,849
Выжимки тыква	0,066	0,025	0,090
Выжимки яблок	0,055	0,006	0,060
Выжимки айвы	0,000	0,000	0,000
Содержание клейковины, %	26,392	-0,911	25,481
Содержание пищевых волокон, г/100 г	2,180	0,540	2,720
Содержание кальция, мг/100 г	31,383	4,270	35,653
Содержание фосфора, мг/100 г	93,274	5,110	98,384
Содержание цинка, мг/100 г	1,004	0,085	1,089

Список литературы

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 19.05.2024)

2. 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. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979 (дата обращения: 19.05.2024)

3. 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.

4. Емельянов А. А., Золотарев А.Г., Емельянов К.А. Малогабаритная установка для концентрирования и сушки пищевых продуктов в вакууме // Пищевая промышленность. 2007. № 12. С. 52.

5. Емельянов А.А. Ресурсосберегающая технология переработки фруктово-ягодного сырья при пониженных температурах // Пищевая промышленность. 2009. № 7. С. 28–29.

6. Емельянов А.А., Емельянов К.А., Кузнецова Е.А. Биологически активные продукты переработки плодов мандарина // Пищевая промышленность. 2013. № 11. С. 76–78

7. Применение порошка из выжимок тыквы в технологии обогащенного крекера / Н.М. Дерканосова, И.И. Зайцева, А.А. Емельянов и др. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 2-3 (368-369). С. 46–50.

8. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. 2-е изд. URSS. 2010. 392 с.

9. Методика расчета структуры мучной смеси для производства обогащенных хлебулочных изделий / Г.В. Шуршикова, Н.М. Дерканосова, И.Н. Пономарева [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 63. С. 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 January 21, 2020 No. 20]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (accessed: 05/19/2024)
2. 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 Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 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 (accessed: 05/19/2024)
3. Popova A.Yu., Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. About 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.)
4. Emelyanov A.A., Zolotarev A.G., Emelyanov K.A. Small-sized installation for concentrating and drying food products in a vacuum. *Food industry*, 2007, no. 12, pp. 52. (In Russ.)
5. Emelyanov A.A. Resource-saving technology for processing fruit and berry raw materials at low temperatures. *Food industry*, 2009, no. 7, pp. 28–29. (In Russ.)
6. Emelyanov A.A., Emelyanov K.A., Kuznetsova E.A. Biologically active products of processing of tangerine fruits. *Food industry*, 2013, no. 11, pp. 76–78. (In Russ.)
7. Derkanosova N.M., Zaitseva I.I., Emelyanov A.A., Ponomareva T.V., Stakhurlova A.A., Vukich S.M. Application of pumpkin marc powder in enriched cracker technology. *News of higher educational institutions. Food technology*, 2019, no. 2-3 (368-369), pp. 46–50. (In Russ.)
8. Yudin D.B. *Zadachi i metody stokhasticheskogo programmirovaniya* [Problems and methods of stochastic programming]. 2nd ed. URSS, 2010. 392 p.
9. Shurshikova G.V., Derkanosova N.M., Ponomareva I.N. et al. Methodology for calculating the structure of flour mixture for the production of enriched bakery products. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2016, no. 63, pp. 191–198. (In Russ.)
10. Matveev M.G. Analyzing and solving problems of decision making with parametric fuzzy. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software*, 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, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, gshurshikova@list.ru

Дерканосова Наталья Митрофановна, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия, kommerce05@list.ru

Пономарева Татьяна Владимировна, аспирант кафедры товароведения и экспертизы товаров, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия, ponom4991@yandex.ru

Information about the authors

Galina V. Shurshikova, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Mathematical Methods in Economics, Voronezh State University, Voronezh, Russia, gshurshikova@list.ru

Natalya M. Derkanosova, Professor of the department of commodity science and examination of goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia, kommerce05@list.ru

Tatyana V. Ponomareva, Graduate student of the department of commodity science and examination of goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia, ponom4991@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 10.02.2024

The article was submitted 10.02.2024