





## Оптимизация рецептов мучных кулинарных изделий с БАД

Анна Т. Васюкова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:vasyukova-at@yandex.ru">vasyukova-at@yandex.ru</a>	 0000-0002-7374-4145
Константин В. Кривошонов	<sup>1</sup>	<a href="mailto:krivoshonok@gmail.com">krivoshonok@gmail.com</a>	 0000-0001-6360-6964
Александр Е. Алексеев	<sup>2</sup>	<a href="mailto:sas5791@mail.ru">sas5791@mail.ru</a>	 0000-0003-4937-2430
Валерий И. Карпов	<sup>2</sup>	<a href="mailto:vikarp@mail.ru">vikarp@mail.ru</a>	 0000-0001-6338-0467





<sup>1</sup> Московский государственный университет пищевых производств, 11, Волоколамское шоссе, Москва, 125080, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

**Аннотация.** В статье изложены основные сведения о функциональных свойствах мучных кулинарных изделий, разработанных на основе рисовой и кукурузной муки с добавками порошков растительного происхождения: топинамбура, облепихи, яблоки, моркови, томата, паприки, укропа, даминарии, а в качестве подсластителя использовали экстракт стевии. Сбалансированное нутриентно-адаптированное питание, соответствующее физиологической потребности школьников, пол и индивидуальные особенности детей 7–11 лет, необходимо для полноценного развития физических и интеллектуальных способностей. В связи с чем, разработка мучных кулинарных изделий нутриентно-адаптированных к особенностям детского питания, оптимизация ингредиентного состава мучных кулинарных изделий с учетом технологических свойств сырья и медико-биологических рекомендаций к рациону данной категории питающихся будет способствовать не только достижению наилучших результатов в их развитии, физическом и умственном совершенствовании, но и позволит предотвратить ряд алиментарно-зависимых заболеваний и состояний данной категории населения. Это определит основную задачу исследований и является актуальной и перспективной. Целью разработки новых специализированных продуктов является получение обогащенных безглютеновых композиций для изготовления индустриальным способом блинной ленты высокого качества. В статье приведены данные по оптимизации ингредиентного состава мучных кулинарных изделий с учетом технологических свойств сырья и медико-биологических рекомендаций к питанию школьников 1–4 классов. Научно обоснован перечень ингредиентов, обладающих иммуномодулирующими и антиоксидантными свойствами и возможность их применения при приготовлении специализированных мучных кулинарных изделий для школьного питания. Оптимизация проводилась с использованием современных программ, предусматривающих математическое моделирование рецептов изделий в реализованном диапазоне изменения параметров. Смоделирован качественный и количественный рецептурный состав в соответствии с санитарными нормами и требованиями СанПиН 2.3/2.4.3590–20, предъявляемыми к продуктам питания детей с учетом их физических нагрузок. Установлена взаимосвязь между массовой долей белковых компонентов (рисовая и кукурузная мука и яичный белок) и физико-химическими показателями качества мучных кулинарных изделий для питания школьников. Экспериментально обосновано, что использование разработанных рецептурных композиций будет способствовать увеличению содержания белка, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ, повысит биологическую ценность и суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в мучных кулинарных изделиях для питания обучающихся 7–11 лет.

**Ключевые слова:** пищевая ценность, мучная продукция, показатели качества, продукты питания, БАД

## Influence of additions on the structure of the free fares

Anna T. Vasyukova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:vasyukova-at@yandex.ru">vasyukova-at@yandex.ru</a>	 0000-0002-7374-4145
Konstantin B. Krivoshonok	<sup>1</sup>	<a href="mailto:krivoshonok@gmail.com">krivoshonok@gmail.com</a>	 0000-0001-6360-6964
Alexander E. Alekseev	<sup>2</sup>	<a href="mailto:sas5791@mail.ru">sas5791@mail.ru</a>	 0000-0003-4937-2430
Valery I. Karpov	<sup>2</sup>	<a href="mailto:vikarp@mail.ru">vikarp@mail.ru</a>	 0000-0001-6338-0467

<sup>1</sup> Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

**Abstract.** The article provides basic information about the functional properties of flour culinary products developed on the basis of rice and corn flour with additives of powders of vegetable origin: jerusalem artichoke, sea buckthorn, apples, carrots, tomato, paprika, dill, damianaria, and stevia extract was used as a sweetener. Balanced nutritionally adapted nutrition, corresponding to the physiological needs of schoolchildren, gender and individual characteristics of children aged 7–11 years, is necessary for the full development of physical and intellectual abilities. In this connection, the development of flour culinary products nutritionally adapted to the peculiarities of baby food, the optimization of the ingredient composition of flour culinary products, taking into account the technological properties of raw materials and biomedical recommendations for the diet of this category of nutritionists will contribute not only to achieving the best results in their development, physical and mental improvement, but will also prevent a number of alimentary-dependent diseases and conditions of this category of the population. This determines the main task of research and is relevant and promising. The purpose of the development of new specialized products is to obtain enriched gluten-free compositions for the production of high-quality pancake tape by an industrial method. The article presents data on the optimization of the ingredient composition of flour culinary products, considering the technological properties of raw materials and biomedical recommendations for the nutrition of schoolchildren of grades 1–4. The list of ingredients with immunomodulatory and antioxidant properties and the possibility of their use in the preparation of specialized flour culinary products for school meals is scientifically substantiated. Optimization was carried out using modern programs providing mathematical modeling of product formulations in the realized range of parameter changes. The qualitative and quantitative prescription composition is modeled in accordance with sanitary norms and requirements of the SanPiN 2.3/2.4.3590–20 requirements for children's food products, considering their physical exertion. The relationship between the mass fraction of protein components (rice and corn flour and egg white) and physico-chemical indicators of the quality of flour culinary products for the nutrition of schoolchildren has been established. It is experimentally proved that the use of the developed recipe compositions will contribute to an increase in the content of protein, fats, carbohydrates, vitamins, minerals, increase the biological value and the total content of water-soluble antioxidants in flour culinary products for the nutrition of students aged 7–11 years.

**Keywords:** nutritional value, flour products, quality indicators, food products, dietary supplements

### Для цитирования

Васюкова А.Т., Кривошонов К.В., Алексеев А.Е., Карпов В.И. Оптимизация рецептов мучных кулинарных изделий с БАД // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 4. С. 108–116. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-108-116

### For citation

Vasyukova A.T., Krivoshonok K.B., Alekseev A.E., Karpov V.I. Influence of additions on the structure of the free fares. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 4. pp. 108–116. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-4-108-116

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Введение

Среди различных факторов, оказывающих воздействие на индивидуум, питание является одним из основных. Рациональное питание, построенное с учетом современных направлений нутрициологии, обеспечивает нормальное течение процессов роста и развития организма, сохранения здоровья, умственного и физического формирования школьника.

Обеспечение подрастающего поколения современными специализированными продуктами – одна из главных и актуальных задач, стоящих перед пищевой промышленностью и общественным питанием. Наиболее востребованными в детском питании являются мучные кулинарные изделия, которым школьники всегда отдают предпочтение. Среди них центральное место занимают блинчики. Но современная экологическая обстановка, длительность инфекционного процесса, связанного с COVID-19, снижением иммунитета и проявления аллергических последствий, в том числе и целиакия, требуют совершенствования традиционной технологии производства блинной ленты с заданными свойствами, позволяющими применить индустриальные процессы и использовать современные высокопроизводительные аппараты или технологические линии.

Поэтому реализация концепции стратегической политики государства в области сбалансированного питания направлена на расширение выпуска пищевых продуктов нового поколения с запрограммированных рецептурным и химическим составом, скоординированными адгезионными, структурно-механическими и органолептическими свойствами на основе натуральных ингредиентов и биологически активных веществ: пищевых волокон, овощных, фруктовых и плодовых порошков и натуральных подсластителей.

Разработка пищевых продуктов с заданными свойствами выполнялась с использованием методов линейного программирования, на основе общих методологий их решения еще в 1939 г. советским математиком, лауреатом Нобелевской премии академиком Л.В. Канторовичем [1].

Методы линейного программирования разрабатывались американскими учеными. Основной из них – симплекс-метод был опубликован в 1949 г. американским ученым Дж. Данцигом [2].

В пищевой промышленности проблемой оптимизации рецептуры и ассортимента пищевых продуктов плодотворно занимались русские ученые Ю.П. Маркин [3], Ю.А. Ивашкин [4; 5]. На примерах расчета рецептур мороженого и обоснования его ассортимента на пищевых

производствах ученые заложили основы решения оптимизации процессов в молочной промышленности. Работы Ю.П. Маркина (1972) и Ю.А. Ивашкина (1989) содержали методы линейного программирования в пищевой промышленности.

В последнее годы отмечено активное внедрение цифровых технологий в проектирование многокомпонентных продуктов питания [6, 7].

Одним из путей решения проблем, связанных с получением специализированных продуктов, а наряду с этим, оптимизацией и унификацией производства, расширением ассортимента, снижением себестоимости и стабилизацией качества, является создание уникальных модельных рецептур, мучных кулинарных продуктов. Разработка основана на сочетании органического сырья, порошкообразного растительного сырья, экстрактов подсластителей на основе которых без дополнительных сложных технологических процессов появляется возможность выпуска ассортимента изделий и формирования качества продукции, создания нового направления эмульсионной основы для индустриального изготовления блинной ленты с регулируемыми свойствами.

**Цель работы** – разработка рецептур и технологий производства безглютеновых композиций с БАД, адаптированных к современным требованиям науки о питании и высокотехнологическому промышленному производству.

## Материалы и методы

Определение физико-химических показателей эффективных добавок – стабилизаторов, структурообразователей, загустителей проводили с помощью методик, опубликованных в «Руководствах по методам исследований» [8]. Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет Curve Expert Ver. 1.34. Методом подбора компонентов были выявлены перспективные сочетания для обогащения традиционных рецептур растительными компонентами пищи и методом планирования эксперимента созданы модельные структуры, на основании которых изготовлены функциональные продукты. Результаты исследования и обсуждение: разработаны новые вкусовые качества блинчиков, как с добавлением БАД, таких как топинамбура, облепихи, яблоки, моркови, томата, паприки, укропа, диминарии, а в качестве подсластителя использовали экстракт стевии. В качестве контроля были блинчики, приготовленные по традиционной рецептуре. Все исследуемые образцы готовились в блиннице а также в аппарате Шпаковского. Получено: что все полуфабрикаты соответствуют доброкачественной продукции из пресного теста, изготавливаемого в предприятиях общественного питания – блинчики (ГОСТ Р 50763–2007

"Услуги общественного питания. Продукция общественного питания, реализуемая населению. Общие технические условия"). Установлено, проектируемая рецептура отвечает оптимальным показателям при концентрации БАД от 1 до 3%.

Органолептическую оценку проводили профильным методом по разработанной системе дескрипторов, которые включают: поверхность, вид в изломе, вкус, цвет, запах. Пищевую и энергетическую ценность образцов характеризовали расчетным методом по справочным таблицам содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. Все анализы проводили не менее чем в трех параллельных опытах.

### Результаты и обсуждение

Создавая функциональный специализированный продукт, с содержанием натуральных экстрактов, было рассмотрено большое количество сырья в различных пропорциях [1]. Наилучшее качество суспензии соответствует оптимальным структурно-механическим свойствам, полученным при экспериментальных значениях, которые приходится на конец первого и начало второго периодов интенсивного перемешивания составных компонентов рецептуры до получения однородной среды. Установлено, что для перемешивания мучных вязких фракций целесообразно использовать лопастной рабочий орган с углом наклона лопатки к оси вращения  $20 - 30^\circ$  или

шнековый с меняющимися направлением перемещения винтами. Перемешивание теста во взбивальной машине на минимальном количестве оборотов приводило к получению вязкого теста.

Однако, для разработки рецептуры обогащенной мучной суспензии необходимо выбрать требуемое овощное, плодое или ягодное сырье, удовлетворяющее физиологии питания детей и рациональному использованию пищевых продуктов.

В результате исследования было установлено, что овощные порошки содержат белка в пределах 1,2–14,0%, жира – 0,1...12,9%, углеводов – 3,0...49,2%, пищевых волокон – 0,6...34,9%, из минеральных веществ больше всего калия 2288 мг в паприке. В значительных количествах содержится натрий, калий, кальций, магний, фосфор и железо (в паприке). Из микроэлементов можно отметить железо, концентрация которого в овощах – 0,4...21,14 мг, а в яблоках – 2,23 мг. Из витаминов большая концентрация аскорбиновой кислоты – 0,9...200 мг и  $\beta$ -каротина – 0,012...40 мг [13].

Для обоснования сочетаемости рисовой муки с перспективными добавками овощных и фруктовых порошков нами произведен сравнительный анализ пищевой ценности традиционного растительного сырья, входящего в рецептуры обогащенной мучной суспензии и рекомендованного. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1.  
Сравнительный анализ пищевой ценности растительного сырья, традиционного и рекомендованного для разрабатываемых рецептур мучных суспензий с рисовой мукой, овощами и ягодами, г/100г

Table 1.  
Comparative analysis of the nutritional value of vegetable raw materials, traditional and recommended for the developed formulations of flour suspensions with rice flour, vegetables and berries, g/100g

Показатель Indicator	Мука рисовая Rice flour	Топинамбур Jerusalem artichoke		Облепиха Sea buckthorn		Укроп Dill		Морковь Carrot	
		содержание content	отклонение deviation	содержание content	отклонение deviation	содержание content	отклонение deviation	содержание content	отклонение deviation
Влажность   Humidity	12	79	– 67	83	+ 71	86	+ 74	1,4	– 10,6
Белок   Protein	6	2,1	– 3,9	1,2	– 4,8	2,5	– 3,5	7,8	+ 1,8
Жир   Fat	1,4	0,1	– 1,3	5,4	+ 4,0	0,5	– 0,9	0,6	– 0,8
Углеводы общие Carbohydrates General	77,7	12,8	– 64,9	5,7	– 72	6,3	– 71,4	49,2	– 28,5
Пищевые волокна Food Fiber	2,4	4,5	+ 2,1	2	– 0,4	2,8	+ 0,4	7,2	+ 4,8
Органические кислоты Organic acids	0,0	0,0	0,0	2	+ 2,0	0,1	+ 0,1	0,8	+ 0,8
Зола   Ash	0,61	1,4	+ 0,79	0,7	+ 0,09	2,3	+ 1,69	3	+ 2,39
Минеральные вещества, мг   Minerals, mg									
Na	0,0	3	+ 3	4	+ 4	43	+ 43	967	+ 967
K	76	200	+ 124	193	+ 123	335	+ 259	59	– 17
Ca	10	20	+ 10	22	+ 12	223	+ 213	105	+ 95
Mg	35	12	– 23	30	– 5	70	+ 35	56	+ 21
P	98	78	– 20	9	– 89	93	– 5	294	+ 196
Fe	0,0	0,4	+ 0,4	1,4	+ 1,4	1,6	+ 1,6	3	+ 3
Витамины, мг   Vitamins, mg									
$\beta$ -каротин   $\beta$ -carotene	0,0	0,012	+ 0,012	1,5	+ 1,5	4,5	+ 4,5	40	+ 40
B <sub>1</sub>	0,138	0,06	– 0,078	0,03	– 0,108	0,03	– 0,108	0,12	– 0,012
B <sub>2</sub>	0,021	0,07	+ 0,049	0,05	+ 0,059	0,1	+ 0,079	0,3	0,279
PP	2,59	1,6	– 0,99	0,5	– 2,09	1,4	– 1,19	2,6	+ 0,01
C	0,0	6	+ 6	200	+ 200	100	+ 100	10	+ 10
ЭЦ, ккал   EC, kcal	366	61,0	– 305	82	– 284	40	– 326	226	– 140

Установлено, что все анализируемое овощное, фруктовое сырье и порошкообразные водоросли (облепиха, топинамбур, морковь, укроп, яблоки, паприка и томат) обогащают мучную рисовую суспензию, в рецептуры которых входит также молоко, яйца, экстракт стевии, следующими компонентами:  $\beta$  каротином в пределах 0,012–40 мг на 100 г. продукта; витаминами В<sub>1</sub> – 0,24 мг (отдельные овощи); С – 5,0...200,0 мг (отдельные овощи); пищевыми волокнами – 0,4...32,9 г; минеральными веществами: натрием – 3,0...520,0 мг (отдельные овощи) и железом – 0,4...21,14 мг (отдельные

овощи). Введение в рецептуры ламинарии способствует повышению калия мучной основы блинчиков на 804 мг. Сочетание овощных компонентов с дополнительным сырьем – белково-минеральными обогатителями, позволило получить новый ассортимент блинчиков [14–16].

Поэтому, методом подбора компонентов были выбраны перспективные ингредиенты для обогащения традиционных рецептов блинчиков. Установлено, что в качестве рационального сырья применимы топинамбур, облепиха, укроп, морковь, томат, паприка, ламинария и яблоки [14, 15].

Таблица 2.

Сравнительный анализ пищевой ценности растительного сырья, традиционного и рекомендованного для разрабатываемых рецептур мучных суспензий с рисовой мукой, плодами водорослями

Table 2.

Comparative analysis of the nutritional value of plant raw materials, traditional and recommended for the developed formulations of flour suspensions with rice flour, algae fruits

Показатель Indicator	Мука рисовая Rice flour	Томат Tomato		Паприка Paprika		Ламинария Laminaria		Яблоки Apples	
		содержание content	отклонение deviation	содержание con – tent	отклонение deviation	содержание content	отклонение deviation	содержание content	отклонение deviation
Влажность   Humidity	12	90	+ 78	11	– 1	88	+ 76	86	+ 74
Белок   Protein	6	1,1	– 4,9	14,1	+ 8,1	0,9	– 5,1	0,4	– 5,6
Жир Fat	1,4	0,0	0,0	12,9	+ 11,5	0,2	– 1,2	0,4	– 1,0
Углеводы общие Carbohydrates General	77,7	35,6	– 45,1	19,1	– 58,6	3,0	– 74,7	9,8	– 67,9
Пищевые волокна Food Fiber	2,4	0,8	– 1,6	34,9	+ 32,9	0,6	– 1,8	1,8	– 0,6
Органические кислоты Organic acids	0,0	1,2	+ 1,2	0,0	0,0	2,5	+ 2,5	0,8	+ 0,8
Зола   Ash	0,61	3,1	+ 2,49	7,74	+ 7,13	4,1	+ 3,49	0,5	– 0,11
Минеральные вещества, мг   Minerals, mg									
Na	0,0	480	+ 480	68	+ 68	520	+ 520	26	+ 26
K	76	290	+ 214	2280	+ 2204	970	+ 804	268	+ 192
Ca	10	14	+ 4	229	+ 219	40	+ 30	16	+ 6
Mg	35	20	– 15	178	+ 143	170	+ 135	9	– 26
P	98	26	– 72	314	+ 216	55	– 43	11	– 87
Fe	0,0	0,9	+ 0,9	21,14	+ 21,14	16	+ 16	2,23	+ 2,23
Витамины, мг   Vitamins, mg									
$\beta$ -каротин   $\beta$ -carotene	20,0	0,3	– 19,7	26,16	+ 6,16	0,15	– 19,85	0,03	– 19,97
В <sub>1</sub>	0,09	0,04	– 0,05	0,33	+ 0,24	0,04	– 0,05	0,03	– 0,06
В <sub>2</sub>	0,06	0,03	– 0,03	1,3	+ 0,94	0,06	0,0	0,02	– 0,04
PP	0,61	0,6	– 0,01	10,06	+ 9,45	0,4	– 0,21	0,4	– 0,21
C	5,0	10	+ 5,0	0,9	– 4,1	2	– 3,0	10	+ 5
ЭЦ, ккал   EC, kcal	29,0	16	– 13	282	+ 253	24,9	– 4,1	47	+ 18

Таким образом, на основании органолептических и физико-химических исследований для производства мучных суспензий были выбраны топинамбур, облепиха, укроп, морковь, томат, паприка, ламинария и яблоки.

Математическая постановка задачи составления оптимальной рецептуры

Дано: Вектор эталона качества продукта:

$$\text{etalon} = \langle \text{etalon}(j) \rangle, j=1, M \quad (1)$$

где,  $\text{etalon}(1)$  – белки (г) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(2)$  – жиры (г) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(3)$  – углеводы (г) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(4)$  – энергетическая ценность (ккал) в 100 г. продукта, энергетическая ценность (ккал) в 100 г.

продукта  $\text{etalon}(5)$  – витамин В<sub>1</sub> (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(6)$  – витамин В<sub>1</sub> (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(7)$  – витамин С (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(8)$  –  $\beta$ -каротин (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(9)$  – кальций (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(10)$  – натрий (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(11)$  – фосфор (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(12)$  – магний (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(13)$  – железо (мг) в 100 г. продукта;  $\text{etalon}(14)$  – пищевые волокна, г в 100 г. продукта.

Набор ингредиентов:

$$\text{Ingr}(i) = \langle \text{ingr}(i, j) \rangle i=1, N j=1, M \quad (2)$$

где,  $\text{ingr}(i, j)$  –  $j$  – тый показатель качества  $i$ -го ингредиента.

Набор показателей качества ингредиентов совпадает с показателями качества эталона.

Определить: вектор

$$X = \langle x(i) \rangle_{i=1, N} \quad (3)$$

где  $x(i)$  – доля  $i$ -го ингредиента в купаже рецептуры, в%, причем, значения этих долей могут принимать только из множества 0,1,2, 3. Таким образом решение ищется с точность до 1%.

$$qur(j) = \sum_{i=1}^N ingr(i, j) * x(i) \quad (4)$$

Допустимое решение:

Допустимым решением будем называть такой  $k$  – тый вариант вектора для которого справедливо:

$$\sum_{i=1}^N x(k, i) = 100 \quad (5)$$

$$\forall k \forall i \min(i) \leq x(k, i) \leq \max(i) \quad (6)$$

где  $\min(i)$ ,  $\max(i)$  – соответственно минимальное и максимальное допустимое ингредиента в купаже (задается технологом).

Критерий оптимальности:

Рассматриваются два варианта критерия:

1. Критерий 1. Оценивает нормированную разницу между эталоном и купажем:

$$Q1 = \sqrt{\sum_{j=1}^M (etalon(j) - qur(j))^2 / etalon(j)^2} \quad (7)$$

2. Критерий 2. Оценивает компоненту с максимальным нормированным абсолютным отклонением от соответствующей эталонной:

$$Q2 = \max_j \frac{|etalon(j) - qur(j)|}{etalon(j)} \quad (8)$$

Оптимальное решение:

1. Оптимальным решением 1 будем называть такой допустимый вектор  $X(k)$ , который минимизирует  $Q1$ :

$$Q1 = \min_k Q1(k, X(k)) \quad (9)$$

2. Оптимальным решением 2 будем называть такой допустимый вектор  $X(k)$ , который минимизирует  $Q2$

$$Q2 = \min_k Q2(k, X(k)) \quad (10)$$

Решение поставленной задачи:

Поставленная задача по своему классу относится к задачам целочисленного нелинейного математического программирования. Для ее решения разработан алгоритм и программа, реализующие схему направленного формирования допустимых вариантов с отсеком недопустимых. Программа реализована на платформе C++Builder 6.0/ На рисунке 1 представлен интерфейс начального этапа решения задачи.

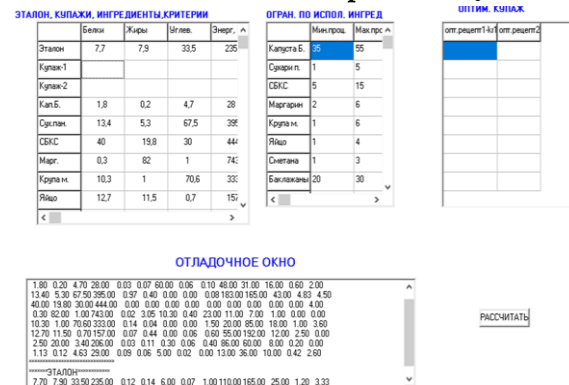


Рисунок 1. Интерфейс программы на первом этапе  
Figure 1. The program interface at the first stage

Результат решения задачи представил на рисунке2.

Рисунок 2. Результат решения задачи  
Figure 2. The result of the problem

Таким образом в результате математического планирования задачи составлена оптимальная рецептура овощной запеканки, приведенной в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.  
Оптимизированная рецептура обогащенной  
мучной суспензии

Table 3.  
Optimized formulation of enriched flour suspension

Продукт Product	Купаж, % Blend, %		Оптимально, г Optimal, g
	min	max	
Мука рисовая   Rice flour	25,0	19	24
Молоко   Milk	70,0	70	70
Топинамбур   Jerusalem artichoke	1,0	4,0	2,0
Соль   Salt	0,5	0,5	0,5
Экстракт стевии Stevia extract	0,5	0,5	0,5
Яйцо   Egg	3,0	6,0	3,0
Итого   Total	100	100	100

Анализ таблицы 3 показывает, что процессе разработки рецептуры блинчиков определены минимальные и максимальные концентрации составных компонентов рецептуры, которые наилучшим способом будут отвечать пищевой ценности самого продукта и максимально приближено к потребностям школьников возрастной категории 7–11 лет.

Таблица 4.

Эталон и купаж обогащенной мучной суспензии с овощным порошком и стевией

Table 4.

Standard and blend enriched muchnoy with assumption with vegetable powder and stevia

ЭТАЛОН STANDARD	Белки (г) Proteins (g)	Жиры (г) Fats (g)	Углеводы (г) Carbohydrates (g)	Энергетическая ценность (ккал) Energy value (kcal)	Витамин B1 (мг) Vitamin B1 (mg)	Витамин B2 (мг) Vitamin B2 (mg)	Вита- мин С (мг) Vitamin C (mg)	β-каро- тин β- carotene	Вита- мин Е (мг) Vitamin E (mg)	Кальций (мг) Calcium (mg)	Фосфор (мг) Phosphorus (mg)	Магний (мг) Magnesium (mg)	Железо (мг) Iron (mg)	Крах- мал, г Starch, g	Пищевые волокна, г Dietary fiber, g	Органиче- ские кис- лоты, г Organic acids, g
Показатели Indicators	7,7	7,9	33,5	235	0,12	0,14	6	0,07	1	110	165	25	1,2	0,0	0,0	7
Мука рисовая Proteins	1,63	0,38	21,06	99,18	0,04	0,005	0,0	0,0	0,03	2,71	26,57	9,48	0,09	16	0,65	0,0
Молоко	1,91	2,11	3,1	40,62	0,03	0,1	0,86	0,01	0,0	79,2	59,4	9,24	0,07	0,0	0,0	0,07
Яйца Eggs	0,58	0,53	0,03	7,22	0,003	0,02	0,0	0,003	0,03	2,53	8,83	0,552	0,115	0,0	0,0	0,0
Соль Salt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,84	0,37	0,11	0,014	0,0	0,0	0,0
Экстракт стевии Stevia extract	0,0	0,0	0,0	0,0001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Топинамбур Jerusalem Artichoke	0,06	0,03	1,023	5,11	0,014	0,0	0,0	0,001	0,001	1,092	1,092	0,49	0,14	0,0	0,112	0,0
В купаже опыта In a blend of experience	4,18	3,05	25,213	152,1301	0,087	0,125	0,86	0,014	0,061	87,372	96,26	19,87	0,429	16	0,762	0,07

Методом компьютерного моделирования и планирования рецептур получены оптимальные значения, которые соответствуют реологическим показателям мучной суспензии, что позволяет формовать и выпекать жидкое тесто на промышленной линии по изготовлению блинной ленты. Эта технология позволит использовать блинчики как полуфабрикат различной степени готовности, а также применять их для изготовления ассортимента мучных кулинарных изделий широкого ассортимента с использованием, творожных, овощных, фруктовых, мясных, рыбных и иных начинок.

Блинчики – широко используемое блюдо детьми различных возрастных категорий.

Установлено, по органолептическим и микробиологическим показателям блинчики

соответствуют ГОСТ 31806–2012. Полуфабрикаты хлебобулочные замороженные и охлажденные.

### Заключение

В результате проведенных исследований можно отметить, что оптимизированная рецептура обогащенной мучной рисовой суспензии по ингредиентному составу максимально будет приближаться к эталонному образцу, составляющему 10% от суточного набора пищевых продуктов, а по пищевой и энергетической ценности соответствует 3–4% от пищевой ценности 1 блюда из суточного рациона питания школьника возрастной категории 7–11 лет.

### Литература

- 1 El-Safy F.S., Salem R.H., Abd El-Ghany M.E. Chemical and nutritional evaluation of different seed flours as novel sources of protein // *World Journal of Dairy & food sciences*. 2012. V. 7. №. 1. P. 59-65.
- 2 Homayouni A., Amini A., Keshtiban A.K., Mortazavian A.M. et al. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer // *Starch-Stärke*. 2014. V. 66. №. 1-2. P. 102-114. doi: 10.1002/star.201300110
- 3 Noorfarahzilah M., Lee J.S., Sharifudin M.S., Fadzelly M.A. et al. Applications of composite flour in development of food products // *International Food Research Journal*. 2014. V. 21. №. 6. P. 2061.
- 4 Singh S., Riar C.S., Saxena D.C. Effect of incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies // *African journal of food science*. 2013. V. 2. №. 6. P. 065-072. doi: 10.5897/AJFS.9000089
- 5 Witczak M., Ziobro R., Juszczak L., Korus J. Starch and starch derivatives in gluten-free systems—A review // *Journal of Cereal Science*. 2016. V. 67. P. 46-57. doi: 10.1016/j.jcs.2015.07.007
- 6 Dall'Asta C., Cirlini M., Morini E., Rinaldi M. et al. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making // *LWT-Food Science and Technology*. 2013. V. 53. №. 1. P. 233-239. doi: 10.1016/j.lwt.2013.02.025
- 7 Mesquita C.D.B., Leonel M., Mischan M.M. Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour // *Food Science and Technology*. 2013. V. 33. P. 404-410. doi: 10.1590/S0101-20612013005000073
- 8 Preedy V.R., Watson R. Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. Academic press, 2019.
- 9 Васюкова А.Т., Першакова Т.В., Фалин Д.Н., Яковлева Т.В. и др. Влияние обогащающих добавок на пищевую ценность мясных и рыбных продуктов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2011. № 2–3 (320–321). С. 11–13.
- 10 Драчева Л.В., Зайцев Н.К., Жарикова О.А., Васюкова А.Т. Суммарная антиоксидантная активность растительных экстрактов // *Пищевая промышленность*. 2011. № 9. С. 44–45.
- 11 Ackatia-Armah R.S., McDonald C.M., Doumbia S., Erhardt J.G. et al. Malian children with moderate acute malnutrition who are treated with lipid-based dietary supplements have greater weight gains and recovery rates than those treated with locally produced cereal-legume products: a community-based, cluster-randomized trial // *The American journal of clinical nutrition*. 2015. V. 101. №. 3. P. 632-645. doi: 10.3945/ajcn.113.069807
- 12 Першакова Т.В., Васюкова А.Т., Жилина Т.С., Яковлева Т.В. и др. Применение нетрадиционного сырья в рецептурах кулинарных изделий // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2011. № 1 (319). С. 36–37.
- 13 Farzana T., Mohajan S. Effect of incorporation of soy flour to wheat flour on nutritional and sensory quality of biscuits fortified with mushroom // *Food science & nutrition*. 2015. V. 3. №. 5. P. 363-369. doi: 10.1002/fsn3.228
- 14 Васюкова А.Т., Богоносова И.А., Баженов Н.С. Рациональное питание организованных коллективов // *Прикладные исследования и технологии: сборник трудов*. М.: МТИ, 2019. С. 28–31.
- 15 Augustin M.A., Sanguansri L. Challenges in developing delivery systems for food additives, nutraceuticals and dietary supplements // *Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals*. Woodhead Publishing, 2012. P. 19-48. doi: 10.1533/9780857095909.1.19
- 16 Gwartz J.A., Garcia-Casal M.N. Processing maize flour and corn meal food products // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014. V. 1312. №. 1. P. 66. doi: 10.1111/nyas.12299
- 17 Olagunju A.I., Ifesan B.O.T. Nutritional composition and acceptability of cookies made from wheat flour and germinated sesame (*Sesamum indicum*) flour blends // *British Journal of Applied Science & Technology*. 2013. V. 3. №. 4. P. 702.
- 18 Alves A.V., Sanjinez-Argandoña E.J., Linzmeier A.M., Cardoso C.A.L. et al. Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour // *PLoS One*. 2016. V. 11. №. 3. P. e0151275. doi: 10.1371/journal.pone.0151275
- 19 Mishra N., Chandra R. Development of functional biscuit from soy flour & rice bran // *International Journal of Agricultural and Food Science*. 2012. V. 2. №. 1. P. 14-20.
- 20 Cattaneo F., Costamagna M.S., Zampini I.C., Sayago J. et al. Flour from *Prosopis alba* cotyledons: A natural source of nutrient and bioactive phytochemicals // *Food chemistry*. 2016. V. 208. P. 89-96. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.03.115




## References


- 1 El-Safy F.S., Salem R.H., Abd El-Ghany M.E. Chemical and nutritional evaluation of different seed flours as novel sources of protein. *World Journal of Dairy & food sciences*. 2012. vol. 7. no. 1. pp. 59-65.
- 2 Homayouni A., Amini A., Keshtiban A.K., Mortazavian A.M. et al. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer. *Starch-Stärke*. 2014. vol. 66. no. 1-2. pp. 102-114. doi: 10.1002/star.201300110
- 3 Noorfarahzilah M., Lee J.S., Sharifudin M.S., Fadzelly M.A. et al. Applications of composite flour in development of food products. *International Food Research Journal*. 2014. vol. 21. no. 6. pp. 2061.
- 4 Singh S., Riar C.S., Saxena D.C. Effect of incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *African journal of food science*. 2013. vol. 2. no. 6. pp. 065-072. doi: 10.5897/AJFS.9000089
- 5 Witczak M., Ziobro R., Juszczak L., Korus J. Starch and starch derivatives in gluten-free systems—A review. *Journal of Cereal Science*. 2016. vol. 67. pp. 46-57. doi: 10.1016/j.jcs.2015.07.007
- 6 Dall'Asta C., Cirlini M., Morini E., Rinaldi M. et al. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. *LWT-Food Science and Technology*. 2013. vol. 53. no. 1. pp. 233-239. doi: 10.1016/j.lwt.2013.02.025
- 7 Mesquita C.D.B., Leonel M., Mischan M.M. Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour. *Food Science and Technology*. 2013. vol. 33. pp. 404-410. doi: 10.1590/S0101-20612013005000073
- 8 Preedy V.R., Watson R. Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. Academic press, 2019.
- 9 Vasyukova A.T., Pershakova T.V., Falin D.N., Yakovleva T.V. et al. Influence of enriching additives on the nutritional value of meat and fish products. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2011. no. 2-3 (320-321). pp. 11-13. (in Russian).
- 10 Dracheva L.V., Zaitsev N.K., Zharikova O.A., Vasyukova A.T. Total antioxidant activity of plant extracts. *Food Industry*. 2011. no. 9. pp. 44-45. (in Russian).
- 11 Ackatia-Armah R.S., McDonald C.M., Doumbia S., Erhardt J.G. et al. Malian children with moderate acute malnutrition who are treated with lipid-based dietary supplements have greater weight gains and recovery rates than those treated with locally produced cereal-legume products: a community-based, cluster-randomized trial. *The American journal of clinical nutrition*. 2015. vol. 101. no. 3. pp. 632-645. doi: 10.3945/ajcn.113.069807
- 12 Pershakova T.V., Vasyukova A.T., Zhilina T.S., Yakovleva T.V. et al. The use of non-traditional raw materials in recipes for culinary products. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2011. no. 1 (319). pp. 36-37. (in Russian).
- 13 Farzana T., Mohajan S. Effect of incorporation of soy flour to wheat flour on nutritional and sensory quality of biscuits fortified with mushroom. *Food science & nutrition*. 2015. vol. 3. no. 5. pp. 363-369. doi: 10.1002/fsn3.228
- 14 Vasyukova A.T., Bogonosova I.A., Bazhenov N.S. Rational nutrition of organized teams. *Applied research and technologies: collection of works*. Moscow, MTI, 2019. pp. 28-31. (in Russian).
- 15 Augustin M.A., Sanguansri L. Challenges in developing delivery systems for food additives, nutraceuticals and dietary supplements. *Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals*. Woodhead Publishing, 2012. pp. 19-48. doi: 10.1533/9780857095909.1.19
- 16 Gwartz J.A., Garcia-Casal M.N. Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014. vol. 1312. no. 1. pp. 66. doi: 10.1111/nyas.12299
- 17 Olagunju A.I., Ifesan B.O.T. Nutritional composition and acceptability of cookies made from wheat flour and germinated sesame (*Sesamum indicum*) flour blends. *British Journal of Applied Science & Technology*. 2013. vol. 3. no. 4. pp. 702.
- 18 Alves A.V., Sanjinez-Argandoña E.J., Linzmeier A.M., Cardoso C.A.L. et al. Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. *PLoS One*. 2016. vol. 11. no. 3. pp. e0151275. doi: 10.1371/journal.pone.0151275
- 19 Mishra N., Chandra R. Development of functional biscuit from soy flour & rice bran. *International Journal of Agricultural and Food Science*. 2012. vol. 2. no. 1. pp. 14-20.
- 20 Cattaneo F., Costamagna M.S., Zampini I.C., Sayago J. et al. Flour from *Prosopis alba* cotyledons: A natural source of nutrient and bioactive phytochemicals. *Food chemistry*. 2016. vol. 208. pp. 89-96. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.03.115

## Сведения об авторах

**Анна Т. Васюкова** д.т.н., профессор, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, д. 11, г. Москва, 125080, Россия, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

**Константин В. Кривошонов** аспирант, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, д. 11, г. Москва, 125080, Россия, krivoshonok@gmail.com


 <https://orcid.org/0000-0001-6360-6964>

## Information about authors


**Anna T. Vasyukova** Dr. Sci. (Engin.), professor, food, hospitality and service industry department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe shosse, 11, Moscow, 125080, Russia, vasyukova-at@yandex.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

**Konstantin B. Krivoshonok** postgraduate student, food, hospitality and service industry department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe shosse, 11, Moscow, 125080, Russia, krivoshonok@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6360-6964>



**Александр Е. Алексеев** аспирант, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, sas5791@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-4937-2430>


**Валерий И. Карпов** д.т.н., профессор, кафедра информационных систем и цифровых технологий, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, vikarp@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-6338-0467>


#### Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Alexander E. Alekseev** graduate student, digital nutrition, hotel and restaurant service department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, sas5791@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-4937-2430>

**Valery I. Karpov** Dr. Sci. (Engin.), professor, information systems and digital technologies department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, vikarp@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-6338-0467>

#### Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/10/2021	После редакции 01/11/2021	Принята в печать 18/11/2021
Received 15/10/2021	Accepted in revised 01/11/2021	Accepted 18/11/2021