

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1032  
УДК 664.68

EDN: UXMGQZ



Научная статья

## РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ МУЧНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*А.Т. Васюкова, И.У. Кусова, Р.Х. Кандроков*

### *Аннотация*

**Обоснование.** Мучные кулинарные изделия пользуются повышенным спросом населения. Для удовлетворения потребностей населения в пищевой и биологической ценности при употреблении данной группы пищевых продуктов необходимо обогатить их ингредиентный состав компонентами, отвечающими указанным требованиям.

**Цель** – разработка помольных партий и определение гранулометрического состава смеси с оптимальным аминокислотным составом из зернобобового сырья и специй для кулинарных изделий.

**Методы.** В качестве объекта выбраны зернобобовые компоненты и вкусовые добавки (7-9 наименований), используемые для получения функциональных мучных смесей для мучных кулинарных изделий. Помол осуществлялся на лабораторной установке РСА-4-2, с применением рассева и комплекта сит.

**Результаты.** Определены технологические параметры драных и размольных систем получены данные о выходе и качестве круподуновых продуктов, получаемых на второй драной системе при влажности зерна на первой драной системе 14%. С увеличением степени увлажнения помольных смесей общий выход круподуновых продуктов снижается, но качество их улучшается. Технологические схемы включали две драны и пять размольных систем, позволяющих получить муку, отруби и дунсты. Степень помола сухих мучных смесей составляла 224 мкм и менее. Получен высокий выход круподуновых продуктов и муки на двух драных системах при низкой их средневзвешенной зольности. На основании полученных данных можно прогнозировать высокие выходы композитной муки, гранулометрический состав которой позволит использовать для функциональных кулинарных изделий.

**Заключение.** Проведено исследование биологической ценности белка функциональных мучных смесей. Установлено, что все образцы полученных смесей соответствуют установленным значениям нормативной документации,

что говорит о надлежащем их качестве. В результате помола и просеивания через сито с размером ячейки отверстия 224 мкм получено муки для кондитерских изделий: из смеси 2ДС-2 – 94,2%, из смеси ЗВС-2 – 93,8%.

**Ключевые слова:** сухие мучные смеси; аминокислотный состав; круподуновые продукты; мука; отруби

**Для цитирования.** Васюкова А.Т., Кусова И.У., Кандроков Р.Х. Разработка функциональных смесей для мучных кулинарных изделий // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №6. С. 455-475. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1032

Original article

## DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL MIXTURES FOR FLOUR CULINARY PRODUCTS

*A.T. Vasyukova, I.U. Kusova, R.Kh. Kandrov*

### *Abstract*

**Background.** Flour culinary products are in high demand among the population. To meet the needs of the population for nutritional and biological value when consuming this group of food products, it is necessary to enrich their ingredient composition with components that meet the specified requirements. The purpose of the work is to develop grinding batches and determine the granulometric composition of the mixture with the optimal amino acid composition from grain legumes and spices for culinary products.

**Methods.** The object chosen was grain legume components and flavoring additives (7-9 items) used to obtain functional flour mixtures for flour culinary products. Grinding was carried out on a laboratory installation RSA-4-2, using a sieving device and a set of sieves.

**Results.** The technological parameters of the torn and grinding systems have been determined; data have been obtained on the yield and quality of grain products obtained on the second torn system at a grain moisture content of 14% on the first torn system. With an increase in the degree of moistening of the grinding mixtures, the overall yield of grain products decreases, but their quality improves. The technological schemes included two grinders and five grinding systems to produce flour, bran and dust. The degree of grinding of dry flour mixtures was 224 microns or less. A high yield of cereal products and flour was obtained using two torn systems with a low weighted average ash content. Based on the data obtained, it is possible

to predict high yields of composite flour, the granulometric composition of which will allow it to be used for functional culinary products.

**Conclusion.** A study of the biological value of protein in functional flour mixtures was carried out. It was established that all samples of the resulting mixtures correspond to the established values of regulatory documentation, which indicates their proper quality. As a result of grinding and sifting through a sieve with a mesh size of 224 microns, flour for confectionery products was obtained: from the 2DS-2 mixture - 94.2%, from the 3BC-2 mixture - 93.8%.

**Keywords:** dry flour mixtures; amino acid composition; cereal products; flour; bran

**For citation.** Vasyukova A.T., Kusova I.U., Kandrov R.Kh. Development of Functional Mixtures for Flour Culinary Products. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 6, pp. 455-475. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1032

## Введение

Современные технологии позволяют получить высококачественное сырье на основе комбинирования нетрадиционных видов зерна, семян и других сухих частей растений (петрушки, базилика, чабреца, розмарина, кинзы, крапивы и пр.). Использование многокомпонентного состава при изготовлении размольных партий разрешит сбалансировать состав помольной смеси по основным пищевым веществам [1].

Разработке полных схем переработки отдельных культур посвящены труды Барановской Т.П., Богославского С.Н. и других о переработке зерна пшеницы [2], Тарасенко С.С. о помеле твердых сортов пшеницы для макаронного производства [20], Панкратов Г.Н. и Кандроков Р.Х. [6, 7], показавших возможность обогащения крупок при измельчении тритикале, Шмалько Н.А. и Смирнов С.О. обосновали возможность получения крахмалистых хлопьев при измельчении амаранта [21]. Brennan M.A., et al., [23] смоделировали функциональные смеси для снеков, а İbanoglu S., et al., [26] разработали помольные партии различных культур для получения безглютеновой экструдированной продукции [6, 7, 8]. В этом же направлении известны труды Михайлова О.В. и Коробкова А.Н. [14], анализирующие возможные технологические операции в мукомольном производстве.

Одна из определяющих качество муки операций по заключению Белова А.А. и Коробкова А.Н. [10] – это подготовка зерна. Инновацией в данной операции может быть использование СВЧ-поля [10].

Анисимов А.В., Рудик Ф.Я. и Загородских Б.П. [1] для оптимизации помольных партий и повышения качества муки предложили холодное кондиционирование, шелушение и подсушку используемого сырья.

Формирование качества муки заложено на всех этапах подготовки его к измельчению. Так, Кандроков Р.Х., Белова Е.Р. исследовали возможность получения искомого качества полбяной муки при применении гидротермической обработки. Выход муки при этом составил 87,4-90,0 % [6-8]. Полбяную муку с такими показателями можно использовать при изготовлении бисквита [15].

Рядом авторов исследованы две схемы переработки сортов зерна трикале в качественную муку хлебопекарного сорта. Предложены три размольные системы с решетчатыми очистителями, что позволило учесть специфику помола трикале с 40% выходом муки по сокращенной схеме и 63% по инновационной [12].

Качество кулинарной готовой продукции будет зависеть от компонентов рецептуры и способов тепловой обработки. На формирование вкусовых параметров оказывает термопластическая экструзия. Рудась П.Г., Семькин Д.В., Петергов А.И. и Степанов В.И. [15] применили комплексные пищевые и вкусовые добавки, обеспечивающих получить характерные для экструзивных продуктов показатели качества.

Введение бобовой муки в композиционные смеси положительно влияет на реологические свойства теста и изделий из него, в частности, на скорость и энергоемкость замеса теста и процессы старения крахмалистых полисахаридов, однако приводит к снижению прочности сухих макаронных изделий [13].

Используя смешевой подход Zargoug I. et al. [31] оптимизировали рецептуры новых функциональных макаронных изделий, содержащих ингредиенты манной крупы из твердых сортов пшеницы, цельнозерновой муки и инулина, что позволило улучшить как технологические, так и текстурные свойства этого продукта.

Galkowska D. et al. [24] установили, что замена муки из полбы на другие древние пшеничные муки и муку из киноа увеличила долю эластичных свойств и снизила значения реологических показателей макаронного теста.

Wang J. et al. [30] исследуя функциональные ингредиенты - крупы, псевдозерна, бобовые и овощи, доказали возможность их использования для обогащения макаронных изделий. Так, макароны из морковного сока имеют более высокое техническое качество, чем макароны из морковной муки. Растительное сырье в виде пюре или жидкости представляет собой

лучший вариант добавления в манную крупу с более высокими реологическими показателями.

Haenel A., et al. [25] предложили формирование пищевого профиля рецептуры гибридных макарон с высоким содержанием белка, путем частичной замены пшеничной манной крупы комбинированием трех высокобелковых ингредиентов из гречихи, конских бобов и люпина.

Корректирование рецептуры экструдатов В.И. Степанов и соавторы [18] предложили на основе гранулометрических характеристик помолов. Сформированные помольные партии позволяют получить более нежную структуру готового экструдата, в тоже время твердость продукта увеличивается с 6,1 до 9,8 Н. Влияние экструзивной технологии на органолептические показатели М.А. Brennan, E. Derbyshire, B.K. Tiwari, C.S. Brennan [22] доказали на примере изготовленных приемлемых для потребителя питательных снеках.

Ожидается, что потребительская привлекательность готовых к употреблению продуктов будет быстро расти и развиваться [1, 2, 6].

**Цель** исследований – разработка помольных партий и определение гранулометрического состава смеси с оптимальным аминокислотным составом из зернобобового сырья и специй для кулинарных изделий.

Задачи разработки:

- выполнить мониторинг зернобобового сырья и специй, а также осуществить выбор основного компонента для обогащения мучных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности;
- разработать схемы помола многокомпонентных функциональных смесей для повышения качества мучных кулинарных изделий;
- определить гранулометрический и аминокислотный состав рецептуры с учетом усвояемости белка, органолептических показателей качества функциональных смесей для мучных кулинарных изделий.

### **Научная новизна исследований**

Впервые разработана рецептура и технология переработки сухих функциональных многокомпонентных смесей на основе сбалансированного сырья с применением продуктов переработки зернобобовых культур и специй.

### **Материалы и методы**

Исследования проводились с 2021 по 2024 годы в РОСБИОТЕХ. В качестве объектов использованы разработанные многокомпонентные смеси

2ДС-2, 3ВС-2, включающие от 8 до 16 компонентов зернобобового сырья и специй. Моделирование композитной зерновой смеси осуществлялось на основе сбалансированного аминокислотного состава рецептурных ингредиентов и обогащения биологически активными веществами. Ингредиентный состав сухих смесей позволяет получить выраженную вкусовую гамму мучных кулинарных изделий, которую сообщают специи.

Для разработки схем помола композитных зерновых смесей и полученной из 2ДС-2, 3/ВС-2 муки на основе гранулометрического состава (таблица 1) необходимо установить мукомольные свойства каждого ингредиента рецептуры многокомпонентной смеси.

Таблица 1.

**Состав разработанных многокомпонентных смесей**

Наименование смеси	Состав компонентов рецептуры
2ДС-2	Перловая крупа, пшено, чечевица, фасоль, полба, соль, кориандр
3/ВС-2	Чечевица, горох, пшено, перловая крупа, полба, овес, кориандр, черный перец, соль.

Функциональные свойства многокомпонентных смесей формировали на основании аминокислотного состава компонентов рецептуры, который должен быть максимально соответствующий «идеальному» белку. Для количественной оценки биологической ценности и сбалансированности аминокислотного состава белка принято использовать коэффициент, равный доле незаменимых аминокислот, усваиваемых организмом, т.е. находящихся в необходимой для этого пропорции. Повышение биологической ценности белка подразумевает увеличение данного коэффициента [17]. Проектирование смеси функциональной мучной осуществляли на основе принципа аминокислотной сбалансированности. Математическое содержание процесса проектирования сбалансированного продукта осуществляется на основании аминокислот, входящих в зернобобовые ингредиенты и пряно-ароматические биологически активные добавки, что позволило сформулировать эффективный алгоритм, решающий поставленную задачу.

Однако питательная ценность пшеничной муки не позволяет без комбинирования с другим белоксодержащим сырьем получить сбалансированный по аминокислотному составу продукт. Чтобы эффективно использовать муку из зернобобовых культур в качестве альтернативы животному белку, необходима математическая обработка мучной смеси с отличными аминокислотными свойствами. Сухие композиционные смеси могут стать основой

для производства персонализированных пищевых концентратов, используемых при изготовлении функциональных мучных кулинарных изделий.

Для исследования степени помола композиционной зерновой смеси использован вычислительный алгоритм на основе аминокислотного состава ингредиентов рецептуры: бобовых (чечевица, горох), зерновые культуры (крупа пшеничная, перловая, полба, овес) (табл. 1 и табл. 2). Для расчетов использованы данные химического состава (Скурихин И.М., 2002) [17] и состава белка, принимаемого в дальнейших вычислениях за эталон (WHO technical report series, 1985) [19].

Аминокислотный состав рецептуры с учетом усвояемости белка и ингредиентный состав рецептуры с учетом усвояемости для смесей 3/BC-2 и 2ДС-2 приведены в табл. 2-7. Разрабатываемые смеси сравнивали с потребностью в аминокислотах для детей различных возрастов (табл. 8-11).

Таблица 2.

**Смесь функциональная мучная 3/BC-2.  
Аминокислотный состав на 100 г продуктов, г**

Наименование сырья	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Цистеин	Фенилаланин	Тирозин	Валин	Гистидин	НАК
Чечевица, зерно	0,221	0,882	1,065	1,786	1,72	0,21	0,322	1,215	0,658	1,223	0,693	9,995
Горох лущеный	0,275	0,872	1,014	1,76	1,772	0,251	0,373	1,132	0,711	1,159	0,597	9,916
Крупа пшеничная	0,119	0,353	0,465	1,4	0,212	0,221	0,212	0,58	0,34	0,578	0,236	4,716
Крупа перловая	0,165	0,337	0,362	0,673	0,369	0,19	0,219	0,556	0,284	0,486	0,223	3,864
Полба, сырая	0,132	0,443	0,552	1,07	0,409	0,258	0,33	0,737	0,377	0,681	0,36	5,349
Овес. Зерно продовольственное	0,234	0,575	0,694	1,284	0,701	0,312	0,408	0,895	0,573	0,937	0,405	7,018
Специи, кориандр семена	0	0,001	0,001	0,002	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0	0,008
Специи, душистый перец, молотый	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0	0,007
Итого	1,146	3,464	4,154	7,976	5,185	1,442	1,864	5,117	2,945	5,066	2,514	40,873

Таблица 3.

**Аминокислотный состав рецептуры (мг), с учетом усвояемости белка**

Наименование сырья	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Цистеин	Фенилаланин	Тирозин	Валин	Гистидин	НАК
Чечевица, зерно	58,1	232,0	280,1	469,7	452,4	55,2	84,7	319,5	173,1	321,6	182,3	2629
Горох лущеный	60,5	191,8	223,1	387,2	389,8	55,2	82,1	249,0	156,4	255,0	131,3	2182
Крупа пшеничная	26,2	77,7	102,3	308,0	46,6	48,6	46,6	127,6	74,8	127,2	51,9	1038
Крупа перловая	19,8	40,4	43,4	80,8	44,3	22,8	26,3	66,7	34,1	58,3	26,8	464

Полба, сырая	13,2	44,3	55,2	107,0	40,9	25,8	33,0	73,7	37,7	68,1	36,0	535
Овес. Зерно продовольственное	14,0	34,5	41,6	77,0	42,1	18,7	24,5	53,7	34,4	56,2	24,3	421
Итого	192	621	746	1 430	1 016	226	297	890	510	886	453	7267
На 1 г белка	<b>10,8</b>	<b>34,9</b>	<b>42,0</b>	<b>80,5</b>	<b>57,2</b>	12,7	16,7	50,1	28,7	<b>49,9</b>	<b>25,5</b>	409

Таблица 4.

**Смесь функциональная мучная 3/BC-2.  
Ингредиентный состав рецептуры с учетом усвояемости**

Наименование сырья	Вес, г	Белок, г		
		на 100 г	% усвояемости	по рецептуре, усваиваемый
Чечевица, зерно	26,3	24	94	6,312
Горох лущеный	22	23		5,06
Крупа пшеничная	22	8,9		1,958
Крупа перловая	12	17		2,04
Полба, сырая	10	14,57		1,457
Овес. Зерно продовольственное	6	21,1		1,266
Соль поваренная пищевая	1,2	-		-
Специи, кориандр семена	0,3	12,37		0,037
Специи, душистый перец, молотый	0,2	6,09		0,012
Итого	100		97,911	18,142

Таблица 5.

**Смесь функциональная мучная 2ДС-2.  
Аминокислотный состав на 100 г продуктов, г**

Наименование сырья	Вес, г	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Цистеин	Фенилаланин	Тирозин	Валин	Гистидин	НАК
Полба, сырая	6	0,008	0,027	0,033	0,064	0,025	0,015	0,02	0,044	0,023	0,041	0,022	0,314
Крупа пшеничная	35	0,042	0,128	0,168	0,504	0,076	0,08	0,076	0,208	0,122	0,208	0,084	1,654
Крупа перловая	37,6	0,495	1,011	1,086	1,911	1,107	0,57	0,657	1,668	0,852	1,458	2,079	12,399
Чечевица, зерно	12	0,111	0,441	0,532	0,893	0,86	0,105	0,161	0,605	0,329	0,611	0,346	4,883
Фасоль	8	0,26	0,95	0,1	0,18	0,155	0,022	0,026	0,122	0,063	0,118	0,63	2,366
Соль	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кориандр, семена	0,3	0	0,001	0,001	0,002	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0	0,008
Итого	100	0,916	2,558	1,92	3,554	2,224	0,792	0,94	2,648	1,39	2,437	3,161	21,624

Таблица 6.

**Аминокислотный состав рецептуры (мг), с учетом усвояемости белка**

Наименование сырья	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Цистеин	Фенилаланин	Тирозин	Валин	Гистидин	НАК	САК	ААК
Фасоль	0,26	0,95	0,1	0,18	0,155	0,022	0,026	0,122	0,063	0,118	0,63	2,366	0,048	0,185
Крупа пшеничная	30,9	91,8	120,9	364,0	55,1	57,5	55,1	150,8	88,4	150,3	61,4	1226	113	239

Горох дущеный	46,8	148,2	172,4	299,2	301,2	42,7	63,4	192,4	120,9	197,0	101,5	1686	106	313
Крупа перловая	23,1	47,2	50,7	94,2	51,7	26,6	30,7	77,8	39,8	68,0	31,2	541	57	118
Полба, сырая	9,2	31,0	38,6	74,9	28,6	18,1	23,1	51,6	26,4	47,7	25,2	374	41	78
Чечевица, зерно	29,1	116,0	240,1	234,8	226,2	27,6	42,4	154,8	86,5	160,8	91,1	1314	29,1	116,0
Итого	139,36	435,15	622,8	1067,3	662,96	172,52	214,73	627,52	362,06	623,92	311,03	5143,4	346,15	864,19
На 1 г белка	<b>6,9</b>	<b>20,0</b>	<b>23,5</b>	<b>51,5</b>	<b>27,0</b>	9,2	10,3	29,7	17,1	<b>28,7</b>	<b>13,7</b>	238	<b>19</b>	<b>47</b>

Таблица 7.

**Смесь функциональная мучная 2ДС-2.  
Ингредиентный состав рецептуры с учетом усвояемости**

Продукт	Вес, г	Белок, г		
		на 100 г	% усвояемости	по рецептуре, усваиваемый
Крупа перловая	37,6	23	97,9	5,074
Крупа пшеничная	35	8,9		3,22
Полба, сырая	6	15,1		1,7
Чечевица, зерно	12	17		2,314
Фасоль	8	19,8		1,98
Соль	1,1	14,57		0,874
Кориандр, семена	0,3	6,09		0,012
Итого	101	104,46	100	11,954

Таблица 8.

**Аминокислотные шаблоны, по категориям питающихся, мг**

Категория питающихся	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	САК	ААК	Валин	Гистидин
до года	8,5	31	32	66	57	28	52	43	20
1–2	7,4	27	31	63	52	26	46	42	18
3–10	6,6	25	31	61	48	24	41	40	16
11–14	6,5	25	30	60	48	23	41	40	16
15–18	6,3	24	30	60	47	23	40	40	16
Взрослые >18 лет	6	23	30	59	45	22	38	39	15

Таблица 9.

**Расчет аминокислотного сора рецептуры и PDCAAS**

Категория питающихся (шаблон АК)	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	САК	ААК	Валин	Гистидин	Лимитирующая АК	Скор	PDCAAS
до года	127	113	131	122	100	105	152	116	127	Лизин	100,4	98,3
1–2	146	129	135	128	110	113	171	119	142	Лизин	110,0	107,7
3–10	164	140	135	132	119	123	192	125	159	Лизин	119,2	116,7
11–14	166	140	140	134	119	128	192	125	159	Лизин	119,2	116,7

15–18	171	146	140	134	122	128	197	125	159	Лизин	121,7	119,2
Взрослые >18 лет	180	152	140	136	127	134	208	128	170	Лизин	127,1	124,5

Таблица 10.

**Коэффициенты утилитарности набора аминокислот (КУНА)**

Категория питающихся (шаблон АК)	Коэффициенты утилитарности набора аминокислот (КУНА)									КСАС
	Триптофан	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	САК	ААК	Валин	Гистидин	
до года	1,3	1,1	1,3	1,2	1,0	1,0	1,5	1,2	1,3	0,828
1–2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,6	1,1	1,3	0,84
3–10	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,6	1,0	1,3	0,852
11–14	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,6	1,0	1,3	0,843
15–18	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,6	1,0	1,3	0,852
Взрослые >18 лет	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,6	1,0	1,3	0,861

Таблица 11

**Прочие показатели отклонения значений аминокислот от категории питающихся (ПСИ, КОАС, ИНАК)**

Категория питающихся (шаблон АК)	ПСИ - показатель сопоставимой избыточности (сумма отклонений, неиспользуемых АК, отнесенная к скору)	КОАС - сумма относительных отклонений значений АК от шаблона	ИНАК - среднее геометрическое отклонений значений АК к шаблону
до года	0,702	1,936	1,207
1–2	0,595	2,937	1,315
3–10	0,507	3,891	1,416
11–14	0,538	4,037	1,433
15–18	0,499	4,221	1,452
Взрослые >18 лет	0,449	4,747	1,507

*Сокращения и обозначения:* Три – триптофан Тир – тирозин АК – аминокислота Тре – треонин Лиз – лизин САК - серосодержащие аминокислоты (метионин + цистеин) Изо – изолейцин Вал – валин ААК - ароматические аминокислоты (фенилаланин + тирозин) Лей – лейцин Гис - гистидин

НАК - незаменимые аминокислоты (всего) Мет – метионин Фен – фенилаланин Цис - цистеин

**Результаты и обсуждение**

В проведенном исследовании оптимизация рецептур сухих функциональных мучных смесей 3/ВС-2 и 2ДС-2 основана на подборе концентрации ингредиентов, позволяющих максимально соответствовать эталону. Аналогами данной разработки могут быть труды Степанова В.И. и соавторов [18] о влиянии гранулометрического состава зерновой смеси на экструзию, Шмалько Н.А. и др. [20] об использовании амарантовой муки

в составе рецептуры хлеба, Титова Е.И. [21] об оптимизации состава продуктов на основе нутриентной сбалансированности белка.

Н.Н. Липатов (мл.) и И.А. Рогов, используя принцип Митчелла-Блока, определили показатели, оценивающие аминокислотный состав и его сбалансированность в моделируемом продукте [10; 24], Ibanoglu S. et al., обоснована пищевая ценность и органолептические показатели питательно сбалансированной безглютеновой экструдированной композиции [25], что подтверждается потребностям человека в энергии и белке, установленными экспертами FAO/WHO [26]. К широко применяемым относят: коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты, коэффициент рациональности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности и индекс незаменимых аминокислот.

Многокомпонентные сухие функциональные мучные смеси 3/BC-2 и 2ДС-2 предназначены для изготовления мучных кулинарных изделий для питания детей до года и других возрастных категорий до 18 лет и старше, в связи с чем конструирование осуществлялось с учетом требований FAO/WHO к аминокислотному скору для указанной возрастной группы. Конкретная возрастная группа взята в качестве примера для иллюстрации работоспособности компьютерной программы, а полученные смеси сбалансированы по аминокислотному скору [18; 19]. Сухие функциональные мучные смеси 3/BC-2 и 2ДС-2, спроектированные с помощью программы 1С «Школьное питание», отвечают функциональным требованиям, предъявляемым к эталонному продукту для конкретных возрастных групп детей.

Рецептуры сухих функциональных мучных смесей 3/BC-2 и 2ДС-2 приведены в таблице 12.

Полученные таким образом сухие функциональные мучные смеси подвергали размолу. Измельчение зерновых компонентов проводили с использованием размольно-сортирующего агрегата РСА-4-2 и лабораторного отсева с ситами:  $\varnothing$  2,5 мм;  $\varnothing$  1,6 мм;  $\varnothing$  1,2 мм;  $\varnothing$  0,63 мм;  $\varnothing$  0,45 мм и  $\varnothing$  0,224 мм.

В процессе проведения экспериментальных исследований нами было разработано 2 различных технологических смесей переработки помольных зернобобовых смесей с добавками БАД (пряно-ароматическое сырьё) с получением различных видов муки повышенной пищевой ценности для изготовления мучных кулинарных изделий.

В качестве основного измельчающего технологического оборудования используются на драных системах используются молотковые дробилки, а на размольных системах применяются вальцовые станки с нарезными вальца-

ми. Просеивание производится на отсевах с использованием полиамидного мучного сита с номинальным размером отверстия ячеек 224 микрометра.

Таблица 12.

## Рецептуры сухих функциональных мучных смесей 3/ВС-2 и 2ДС-2

Наименование сырья	Смесь функциональная мучная 2ДС-2, г	Смесь функциональная мучная 3/ВС-2, г
Крупа перловая	37,6	12,0
Крупа пшеничная	35,0	22,0
Крупа овсяная	-	6,0
Полба	6,0	-
Чечевица	12,0	26,3
Фасоль	8,0	-
Горох	-	22,0
Соль	1,2	1,2
Кориандр, семена	0,2	0,3
Чёрный перец	-	0,2
Выход	100	100

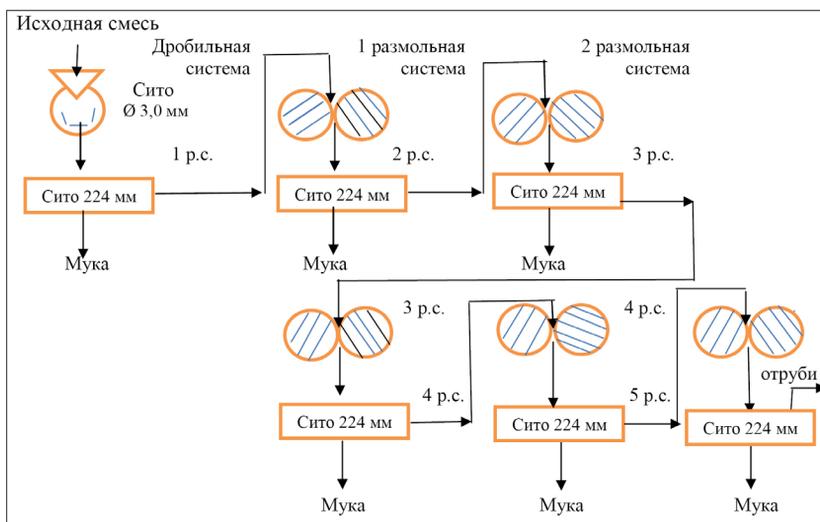


Рис. 1. Схема размола многокомпонентной смеси 2ДС-2

Механико-кинематические параметры молотковых дробилок и вальцовых станков составляют коммерческую тайну, т.к. на разработанные технологические схемы помолов композитных зернобобовых смесей подготовлены

и поданы заявки патентов на изобретение различных способов получения обогащенной композитной муки повышенной пищевой ценности [25].

Схема размола многокомпонентной смеси 2ДС2 показана на рисунке 1.

Разработанная технологическая схема № 1 для размола многокомпонентной смеси 2ДС-2 состоит из одной дробильной системы и пяти последовательных размольных систем. Технологическая схема № 2 для размола многокомпонентной смеси 3/ВС-2 состоит из двух дробильных и четырех размольных систем, причем сначала последовательно идут дробильные системы, а затем размольные системы.

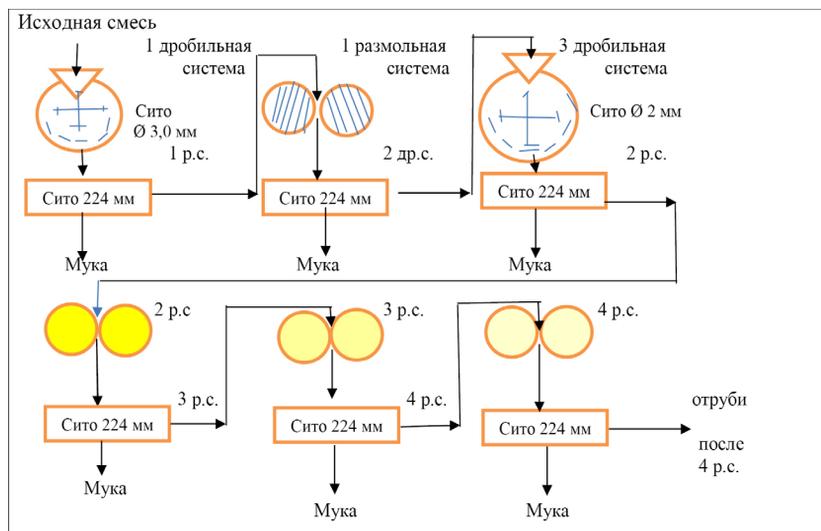


Рис. 2. Схема размола многокомпонентной смеси 3/ВС-2

Извлечение муки со всех технологических систем по двум различным технологическим схемам по отношению к нагрузке на 1-ую технологическую дробильную систему, а также общее извлечение обогащенной муки из разработанных многокомпонентных помольных зернобобовых смесей представлены в таблице 13.

Как видно из таблицы 13, общий выход обогащенной муки из разработанных композитных зернобобовых помольных смесей составил от 93,8% до 94,2%, что свидетельствует о высокой эффективности разработанных технологий и ее не только научной, но и практической значимости.

Таблица 13.

**Извлечение обогащенной муки из разработанных многокомпонентных зернобобовых помольных смесей**

Технологическая система, извлечение	Наименование помольной зернобобовой смеси	
	Смесь 2ДС-2	Смесь 3/ВС-2
1 система, %	26,7	25,8
2 система, %	32,8	33,5
3 система, %	18,2	17,9
4 система, %	12,8	12,7
6 система, %	3,7	3,9
Общий выход муки, %	94,2	93,8

В результате помола и рассеивания через сито 132 мкм получено тонкоизмельченной фракции: для смеси 2ДС-2 – 18,0%, для смеси 3/ВС-2 – 17,4%. Размер промежуточной фракции, составляющей более 450 мкм, которая была максимальной, по сравнению с другими фракциями, выделяемыми в процессе помола. Исследуемые многокомпонентные образцы: 2ДС-2 и 3/ВС-2 могут быть рекомендованы для промышленной переработки многокомпонентных зерновых смесей в муку, которую можно использовать как БАД, оптимизированной по аминокислотному составу для изготовления функциональных мучных кулинарных изделий.

### **Выводы**

1. По результатам проведенных исследований разработаны 2 рецептуры и 2 технологические схемы получения сухих функциональных мучных смесей 3/ВС-2 и 2ДС-2 для производства функциональных мучных кулинарных изделий в питании детей различных возрастных категорий.
2. Получен наибольший выход муки из смесей 3/ВС-2 и 2ДС-2 при использовании разработанных крупобразующих первой и второй дражных системах, фракция муки составляет 157–250 мкм.
3. Определен размер промежуточной фракции - более 450 мкм, которая была максимальной, по сравнению с другими фракциями, выделяемыми в процессе помола. Это является важным фактором при разработке помольных партий особенно при измельчении многокомпонентных зерновых смесей, имеющих различную плотность (бобовые, зерновые, масличные) и иные культуры.
4. Общий выход обогащенной муки из разработанных композитных зернобобовых помольных смесей составил от 93,8% до 94,2%, что свиде-

тельствует о высокой эффективности разработанных технологий и ее не только научной, но и практической значимости.

5. Поставленная в данной исследовательской работе цель разработки рецептур смесей функциональных мучных достигнута. Результаты были ожидаемы, потому что разработки в этом направлении проводились с 2010 года по настоящее время.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### *Список литературы*

1. Анисимов А.В., Рудик Ф.Я., Загородских Б.П. Совершенствование технологии подготовки зерна к помолу на малых предприятиях // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. № 4. С. 603-623. <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201804.603-623>
2. Барановская Т.П., Лойко В.И., Макаревич О.А., Богославский Н.С. Потокоская схема интегрированной производственной системы по переработке зерна пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 82. С. 1024-1037.
3. Белов А.А., Коробков А.Н. Способ обеззараживания зерна в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник НГИЭИ, 2015. № 2(45). С. 5-12.
4. Бураго В.А. Математические принципы оптимизации аминокислотного состава композиционных продуктов питания // Известия ТИПРО: Сб-к науч. тр. Известия ТИПРО: Сб-к науч. тр. 2004. Т.138. С. 381-388.
5. Васюкова А.Т., Кусова И.У., Кандроков Р.Х. Исследование гранулометрического состава промежуточных продуктов размола композитной зерновой смеси // Вестник МГУТУ. 2023. № 1. С. 3-9.
6. Кандроков Р.Х., Панкратов Г.Н. Технология переработки зерна тритикале в крупу типа «манная» // Хлебопродукты. 2017. № 1. С. 52–54.
7. Кандроков Р.Х., Панкратов Г.Н., Кусова И.У., Рындин А.А. Влияние межвальцового зазора на крупобразующую способность и гранулометрический состав промежуточных продуктов измельчения зерна тритикале // Хлебопродукты. 2021. № 6. С. 36-38. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-6-36-38>
8. Кандроков Р.Х., Терентьев С.Е., Лабутина Н.В., Кусова И.У., Рындин А.А. Влияние соотношения помольной смеси зерна пшеницы и семян конопли

- на крупнообразующую способность пшенично-конопляной зерновой смеси // Хлебопродукты. 2021. № 10. С. 41-43. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-10-41-43>
9. Лисин П.А., Мусина О.Н., Кистер И.В., Чернопольская Н.Л. Методология оценки сбалансированности аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2013. С. 1-6.
  10. Липатов Н.Н., Сажин Г.Ю., Башкиров О.Н. Формализованный анализ аминокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 8. С. 11-14.
  11. Лисин П.А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов. Москва: ДеЛиПринт, 2007. 102 с.
  12. Лисин П.А. Программный модуль «Минимум-максимум» / П.А. Лисин, О.Н. Мусина; регистр. № 20106112628, от 15.04.2010. Роспатент РФ.
  13. Марадудин М.С., Симакова И.В., Елисеев Ю.Ю., Стрижевская В.Н. Исследование композиционных смесей на основе крупы твердых сортов пшеницы и муки из белых бобов для производства макаронных изделий как специализированной пищевой продукции // Вопросы питания, 2024. Т. 93, № 1. С. 125-134. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-125-134>
  14. Михайлова О.В., Коробков А.Н. Изучение технологических операций подготовки зерна к помолу // Вестник НГИЭИ. 2011. С. 4-7.
  15. Рудась П.Г., Семькин Д.В., Петергов А.И., Степанов В.И. Экструдированные пищевые изделия сложных форм и разнообразных вкусов // Вестник КрасГАУ. 2011. № 9. С. 292-298.
  16. Санжаровская Н.С., Сокол Н.В., Шарифуллина Ю.Б. Совершенствование рецептурного состава бисквитного полуфабриката с использованием муки из полбы // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 14-19. <https://doi.org/10.257127ASTU.2072-8921.2021.02.002>
  17. Скурихин И.М. (ред.) Химический состав российских пищевых продуктов. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
  18. Степанов В.И., Иванов В.В., Шариков А.Ю., Поливановская Д.В., Семькин Д.В. Исследование влияния гранулометрического состава экструдированной смеси на процесс экструзии и качество многокомпонентных снежков // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 43. № 4. С. 129-134.
  19. Тарасенко С.С. Оптимизация процесса подготовки твердой пшеницы к макаронному помолу // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. №1 (176). С. 234-237.

20. Шмалько Н.А., Смирнов С.О. Способ производства хлеба при добавлении амарантовой крупяной муки // Ползуновский вестник. 2018. № 1. С. 27-32. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.01.006>
21. Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания: монография / Е.И. Титов [и др.]. Москва: МГУПБ, 2009. 129 с.
22. Brennan M.A., Derbyshire E., Tiwari B.K., Brennan C.S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. // *International Journal of Food Science & Technology*. 2013. Vol. 48. № 5. P. 893-902. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12055>
23. Galkowska D., Witczak T., Witczak M. Ancient wheat flour and quinoa as pasta dough ingredients - evaluation of thermal and rheological properties // *Molecules*. 2021. Vol. 26. № 22. P. 7033. <https://doi.org/10.3390/molecules26227033>
24. Haenel A., Bez J., Petersen I.L., Amarovich R., Yuskevich J., Zannini E., Arendt E.K. Combining high-protein ingredients from pseudograins and legumes to develop high-protein fresh hybrid pasta: an improved nutritional profile // *J Sci Food Agric*. 2022. Vol. 102. № 12. P. 5000–5010. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11015>
25. Ibanoglu S., Ains-worth P., Ozer E. A., Plunkett A. Physical and sensory evaluation of a nutritionally balanced gluten-free extruded snack // *Journal of Food Engineering*. 2006. Vol. 75. № 4. P. 469-472. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.060>
26. Report of expert work group on energy and protein requirements: WHO technical report series. WHO Publication Center Albany, N.Y. 12210. 1985. № 724.
27. Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V., Akchurina A.I., Bogonosova I.A., Bondarenko Yu.V., Alekseeva A.A. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for children // *Process Management and Scientific Developments. Proceedings of the International Conference*. Birmingham. 2022. P. 192-199. <https://doi.org/10.34660/INF.2022.17.27.025>
28. Vasyukova A.T., Kusova I. U., Belenkov A. I., Kandrov R. Kh., Dyshekova M. M. Investigation of the degree of grinding of the composite grain mixture // *BIO Web of Conferences*, 2023. Vol. 67. P. 02008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236702008>
29. Wang J., Brennan M.A., Serventi L., Brennan K.S. The influence of functional plant ingredients on the technical and nutritional qualities of pasta // *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022. Vol. 62. № 22. P. 6069-6080. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1895712>
30. Zarroug I., Djebali K., Sfahi D., Hemahem M., Boulares M., El Felah M., Mnasser H., Kharrat M. Optimizing the addition of barley flour and inulin to pasta using a mixture formulation approach // *J Food Sci*. 2022. Vol. 87. № 1. P. 68-79. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16009>

### References

1. Anisimov A.V., Rudik F.Ya., Zagorodskikh B.P. Improvement of the technology of grain preparation for milling at small enterprises. *Vestnik of Mordovian University*, 2018, vol. 28, no. 4, pp. 603-623. <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201804.603-623>
2. Baranovskaya T.P., Loiko V.I., Makarevich O.A., Bogoslavsky N.S. Flow chart of an integrated production system for processing wheat grain. *Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 2012, no. 82, pp. 1024-1037.
3. Belov, A.A.; Korobkov, A.N. Method of grain disinfection in the electromagnetic field of ultra-high frequency. *Bulletin of the National Institute of Energy and Environmental Research*, 2015, no. 2(45), pp. 5-12.
4. Burago, V.A. Mathematical principles of optimization of amino acid composition of composite food products. *Izvestiya TINRO*, 2004, vol. 138, pp. 381-388.
5. Vasyukova A.T., Kusova I.U., Kandrov R.H. Investigation of granulometric composition of intermediate products of composite grain mixture milling. *Bulletin of MSUTU*, 2023, no. 1, pp. 3-9.
6. Kandrov R.H., Pankratov G.N. Technology of processing triticale grain into a coarse meal of the “semolina” type. *Khleboprodukty*, 2017, no. 1, pp. 52-54.
7. Kandrov R.Kh., Pankratov G.N., Kusova I.U., Ryndin A.A. Influence of the interval gap on the gritting ability and granulometric composition of intermediate products of triticale grain milling. *Khleboprodukty*, 2021, no. 6, pp. 36-38. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-6-36-38>
8. Kandrov R.H., Terentyev S.E., Labutina N.V., Kusova I.U., Ryndin A.A. Effect of the ratio of milling mixture of wheat grain and hemp seeds on the gritting ability of wheat-hemp grain mixture. *Khleboprodukty*, 2021, no. 10, pp. 41-43. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-10-41-43>
9. Lisin P.A., Musina O.N., Kister I.V., Chernopolskaya N.L. Methodology for assessing the balance of amino acid composition of multi-component food products. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*, 2013, pp. 1-6.
10. Lipatov N.N., Sazhinov G.Yu., Bashkirov O.N. Formalized analysis of amino and fatty-acid balance of raw materials, promising for the design of baby food products with a given nutritional adequacy. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2001, no. 8, pp. 11-14.
11. Lisin P.A. *Computer technologies in the recipe calculations of dairy products*. Moscow: DeLiPrint Publ., 2007, 102 p.
12. Lisin P.A. *Program module “Minimum-Maximum”* / P.A. Lisin, O.N. Musina; register. No. 20106112628, 15.04.2010. Rospatent RF.
13. Maradudin M.S., Simakova I.V., Eliseev Yu Yu, Strizhevskaya V.N. Study of composite mixtures based on grits of durum wheat and white bean flour for the

- production of pasta as a specialized food to *Nutrition Issues*, 2024, vol. 93, no. 1, pp. 125-134. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-125-134>
14. Mikhaylova O.V., Korobkov A.N. Study of technological operations of grain preparation for milling. *Vestnik of the National Research Institute of Economics and Technology*, 2011, pp. 4-7.
  15. Rudas P.G., Semykin D.V., Petergov A.I., Stepanov V.I. Extruded food products of complex shapes and various flavors. *Vestnik KrasSAU*, 2011, no. 9, pp. 292-298.
  16. Sanzharovskaya N.S., Sokol N.V., Sharifullina Y.B. Improvement of the recipe composition of biscuit semi-finished product using spelt flour. *Polzunov Bulletin*, 2021, no. 2, pp. 14-19. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.002>
  17. Skurikhin I.M. (ed.) *Chemical Composition of Russian Food Products*. Moscow: DeLee Print Publ., 2002, 236 p.
  18. Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A. Yu., Polivanovskaya D.V., Semykin D.V. Study of the influence of the granulometric composition of the extruded mixture on the extrusion process and the quality of multicomponent snacks. *Technics and technology of food production*, 2016, vol. 43, no. 4, pp. 129-134.
  19. Tarasenko S.S. Optimization of the preparation process of durum wheat for pasta milling. *Bulletin of Orenburg State University*, 2015, no. 1 (176), pp. 234-237.
  20. Shmalko N.A., Smirnov S.O. Method of bread production with the addition of amaranth groat flour. *Polzunov Bulletin*, 2018, no. 1, pp. 27-32. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.01.006>
  21. *Expert system for optimizing the composition of products and food rations: monograph* / E.I. Titov [et al.]. Moscow: MGUPB Publ., 2009, 129 p.
  22. Brennan M.A., Derbyshire E., Tiwari B.K., Brennan C.S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *International Journal of Food Science & Technology*, 2013, vol. 48, no. 5, pp. 893-902. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12055>
  23. Galkowska D., Witczak T., Witczak M. Ancient wheat flour and quinoa as pasta dough ingredients - evaluation of thermal and rheological properties. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 22, 7033. <https://doi.org/10.3390/molecules26227033>
  24. Haenel A., Bez J., Petersen I.L., Amarovich R., Yuskevich J., Zannini E., Arendt E.K. Combining high-protein ingredients from pseudograins and legumes to develop high-protein fresh hybrid pasta: an improved nutritional profile. *J Sci Food Agric.*, 2022, vol. 102, no. 12, pp. 5000–5010. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11015>
  25. Ibanoglu S., Ains-worth P., Ozer E. A., Plunkett A. Physical and sensory evaluation of a nutritionally balanced gluten-free extruded snack. *Journal of Food Engineering*, 2006, vol. 75, no. 4, pp. 469-472. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.060>
  26. Report of expert work group on energy and protein requirements: WHO technical report series. WHO Publication Center Albany. N.Y. 12210. 1985. № 724.

27. Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V., Akchurina A.I., Bogonosova I.A., Bondarenko Yu.V., Alekseeva A.A. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for children. *Process Management and Scientific Developments. Proceedings of the International Conference*. Birmingham, 2022, pp. 192-199. <https://doi.org/10.34660/INF.2022.17.27.025>
28. Vasyukova A.T., Kusova I. U., Belenkov A. I., Kandrov R. Kh., Dyshekova M. M. Investigation of the degree of grinding of the composite grain mixture. *BIO Web of Conferences*, 2023, vol. 67, 02008. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20236702008>
29. Wang J., Brennan M.A., Serventi L., Brennan K.S. The influence of functional plant ingredients on the technical and nutritional qualities of pasta. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 2022, vol. 62, no. 22, pp. 6069-6080. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1895712>
30. Zarroug I., Djebali K., Sfahi D., Hemahem M., Boulares M., El Felah M., Mnasser H., Kharrat M. Optimizing the addition of barley flour and inulin to pasta using a mixture formulation approach. *J Food Sci.*, 2022, vol. 87, no. 1, pp. 68-79. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16009>

### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Васюкова Анна Тимофеевна**, д.т.н., профессор, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса  
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ»*  
*Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Российская Федерация*  
[vasyukova-at@yandex.ru](mailto:vasyukova-at@yandex.ru)

**Кусова Ирина Урузмаговна**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса  
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ»*  
*Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Российская Федерация*  
[ir.kusowa@yandex.ru](mailto:ir.kusowa@yandex.ru)

**Кандров Роман Хажсетович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры зерновых, хлебопекарных и кондитерских технологий

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ»  
Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Российская Федерация  
nart132007@mail.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Anna T. Vasyukova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service  
*Russian Biotechnological University “ROSBIOTECH”  
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation  
vasyukova-at@yandex.ru  
SPIN-code: 2889-1457  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>  
Researcher ID: AAX-2106-2020  
Scopus Author ID: 57215827520*

**Irina U. Kusova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service  
*Russian Biotechnological University “ROSBIOTECH”  
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation  
ir.kusowa@yandex.ru  
SPIN-code: 2889-1457  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>  
Researcher ID: G-2331-2018  
Scopus Author ID: 57191155074*

**Roman Kh. Kandrov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Grains, Bakery and Confectionery Technologies  
*Russian Biotechnological University “ROSBIOTECH”  
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation  
nart132007@mail.ru  
SPIN-code: 7081-1209  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>  
Researcher ID: AAX-2106-2020  
Scopus Author ID: 57200383950*

Поступила 23.04.2024

После рецензирования 02.05.2024

Принята 27.06.2024

Received 23.04.2024

Revised 02.05.2024

Accepted 27.06.2024