

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-11-21>

УДК [664.661:641.55]:519.233.5



Оптимизация рецептуры методом регрессионного анализа

В.А. Буховец✉, О.В. Картавенко, П.О. Тюрин,
Г.В. Стырев, Д.А. Твердохлебова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; Саратов, Российская Федерация,
✉vbihovets@yandex.ru*

Аннотация. Введение. Математическое моделирование в технологии пищевых продуктов играет ключевую роль в решении множества теоретических и практических задач. На этапе создания новых рецептов оно становится одним из эффективных методов, позволяющих уменьшить время и затраты на разработку, сократить объем испытаний, гарантировать необходимое качество готового изделия и повысить конкурентоспособность продукции. **Предметом исследования** была рецептура хлебобулочного изделия с внесением цельнозерновой муки из сорго. Зерновое сорго сорта «Бакалавр» районировано в Саратовской области. Имеет высокую урожайность 2,5-3,5 т/га. Хорошо переносит высокие температуры и недостатки влаги, устойчиво к болезням и вредителям. Питательная ценность обусловлена большим содержанием протеина и крахмала. **Целью работы** была разработка соотношения рецептурных компонентов в хлебобулочном изделии с внесением цельнозерновой муки из зернового сорго. **Исследования проводились последовательно.** 1. Изучали спрос на обогащенные хлебобулочные изделия потребителей Саратовской области, методом анкетирования. 2. Моделировали рецептуру хлебобулочных изделий с цельнозерновой мукой из зернового сорго методом регрессионного анализа. Данный метод позволил строго определить регрессионную зависимость, изучить свойства оценок параметров при предложении о вероятных характеристиках фактов и случайных ошибок модели. С помощью линейной регрессии нашли линейную функцию пористости, удельного объема, массовой доли влаги, содержания витамина Р. **Результатом исследования** стало решение задачи моделирования отношений между выбранными переменными и прогнозированием значений зависимой переменной на основе модели, что позволило составить матрицу исследований обогащенных хлебобулочных изделий с цельнозерновой мукой из зернового сорго.

Ключевые слова: сорго, респонденты, матрица, линейный анализ, пористость, удельный объем, хлебобулочные изделия, исследования, фактор

Для цитирования: Буховец В.А., Картавенко О.В., Тюрин П.О., Стырев Г.В., Твердохлебова Д.А. Оптимизация рецептуры методом регрессионного анализа. *Новые технологии / New technologies.* 2024;20(4):11-21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-11-21>

Recipe optimization using regression analysis method

Valentina A. Bukhovets✉, Olga V. Kartavenko, Pavel O. Tyurin,
Gleb V. Styrev, Diana A. Tverdokhlebova

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov; Saratov, the Russian Federation,
✉vbuhovets@yandex.ru*

Abstract. Introduction. Mathematical modeling in food technology plays a key role in solving many theoretical and practical problems. At the stage of creating new recipes, it becomes one of the effective methods that allows reducing the time and costs of development, reducing the scope of testing, guaranteeing the required quality of the finished product and increasing the competitiveness of products. **The research focuses** on the bakery product recipe with the addition of whole grain sorghum flour. Grain sorghum of the *Bachelor* variety is zoned in the Saratov region. It has a high yield of 2.5-3.5 t / ha. It tolerates high temperatures and moisture deficiencies well, and it is resistant to diseases and pests. The nutritional value is due to the high content of protein and starch. **The goal of the research** was to develop the ratio of recipe components in a bakery product with the addition of whole-grain flour from grain sorghum. The studies were conducted sequentially. 1. The demand for fortified bakery products of consumers in the Saratov region using a questionnaire was studied. 2. The recipe for bakery products with whole-grain flour from grain sorghum using regression analysis was developed. This method made it possible to determine the regression dependence, study the properties of parameter estimates when proposing probable characteristics of facts and random errors of the model. Using linear regression, a linear function of porosity, specific volume, mass fraction of moisture, and vitamin P content was found. **The result of the research** was the solution to the problem of modeling the relationships between the selected variables and predicting the values of the dependent variable based on the model, which made it possible to compile a matrix of studies of fortified bakery products with whole grain flour from grain sorghum.

Keywords: sorghum, respondents, matrix, linear analysis, porosity, specific volume, bakery products, research, factor

For citation: Bukhovets V.A., Kartavenko O.V., Tyurin P.O., Styrev G.V., Tverdokhlebova D.A. Recipe optimization using regression analysis method. *New technologies / Novye Tehnologii*. 2024;20(4):11-21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-11-21>

Введение. Питание играет одну из ключевых ролей в жизни каждого человека. Значение питания в причинно-следственных связях между организмом и окружающей средой невероятно велико, поскольку известно, что продукты питания поставляют в организм различные вещества, которые выполняют широкий спектр функций.

Цель исследований. Оптимизировать рецептуру изделий методом регрессионного анализа.

Материалы и методы. Исследования проведены в ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова».

В качестве контроля была выбрана рецептура хлеба пшеничного из муки высшего сорта (ГОСТ Р 58233-2018). С помощью размолла на лабораторной мельнице цельного зерна сорго сорта «Бакалавр» получали цельнозерновую муку. Цельнозерновая мука отличается от муки пшеничной внешним видом, вкусом, особенностями в приготовлении и полезными свойствами.

Часть муки пшеничной в рецептуре исследуемых образцов заменяли цельнозерновой мукой из сорго сорта «Бакалавр». Способ тестоведения безопасный. После выпечки изделия охлаждали 4 часа и проводили органолептические и физико-хими-

ческие анализы. Методом регрессионного анализа моделировали рецептуру хлебобулочных изделий с различной дозировкой цельнозерновой муки сорго.

Результаты и их обсуждения. С целью определения предпочтений, а также степени информированности населения о наличии профилактических и функциональных видов хлебобулочных изделий в Саратовской области были проведены маркетинговые исследования.

Оценка проводилась среди респондентов мужского пола – 32%, и женского пола – 68 %.

Возрастной состав большинства опрошенных составил 18-29 лет (рис. 1).

Определяли количество приемов потребляемых хлебобулочных изделий дали ответ несколько раз в день 63% (рис. 2).

Наибольшее внимание респонденты обращали при покупке на свежесть изделий – 42%, на содержание обогащающих ингредиентов лишь 11% респондентов (рис. 3).

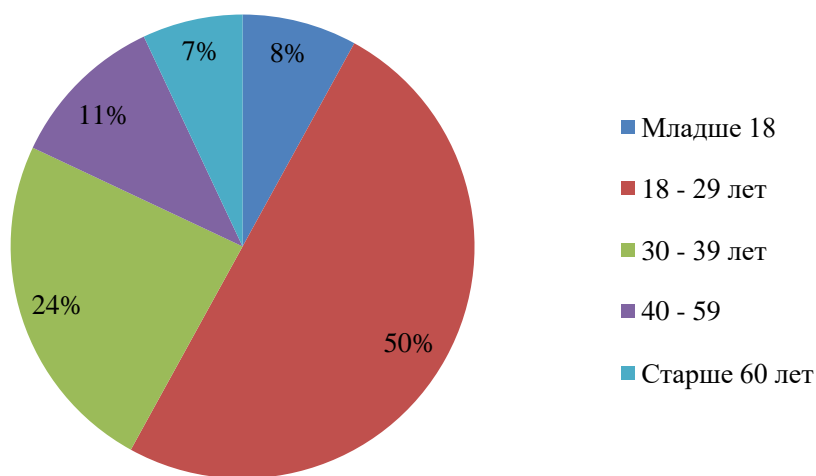


Рис. 1. Возраст респондентов
Fig. 1. Age of respondents

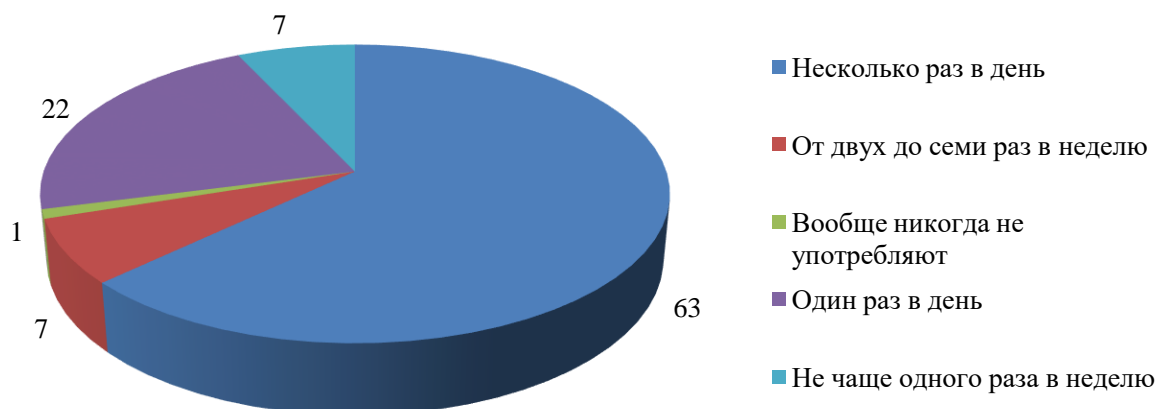


Рис. 2. Структура потребления хлеба
Fig. 2. Structure of bread consumption

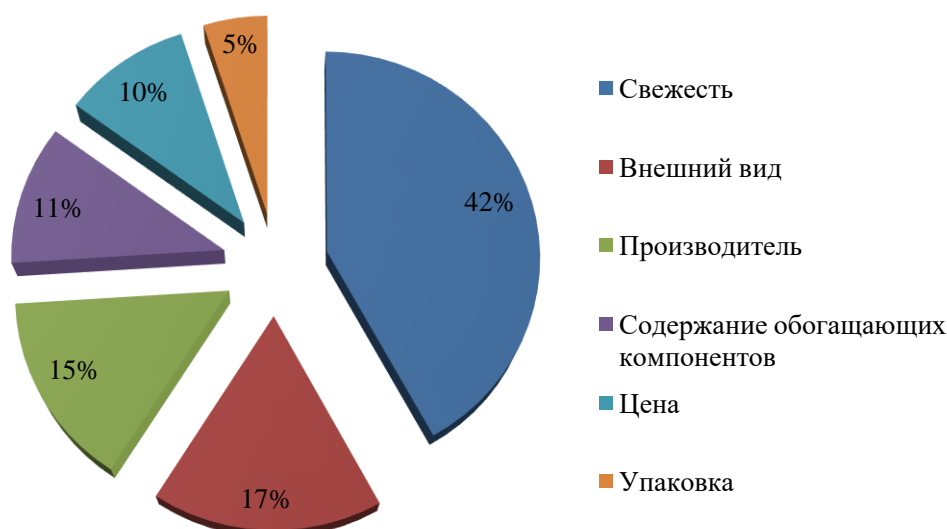


Рис. 3. Распределение значимых факторов при покупке хлебобулочных изделий

Fig. 3. Distribution of significant factors when purchasing bakery products

Наиболее популярными видами хлебобулочных изделий в Саратовской области являлись: хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки -39%; хлеб из ржаной муки -14%; хлеб из пшеничной муки -34%; батоны-13%.

Исследования показали, что простые хлебобулочные изделия являются наиболее популярными среди всех групп населения. Однако их питательная ценность довольно невысока. Для обогащения хлебобулочных изделий использовали цельнозерновую муку из зернового сорго.

Сорго классифицируется на четыре основные группы в зависимости от его применения: зерновое, сахарное, веничное и травянистое. Зерновое сорго, выращиваемое для получения зерна, включает несколько ботанических видов, из которых наибольшее распространение на территории нашей страны получило хлебное сорго. Плод сорго представлен зерновкой, которая может иметь овальную, яйцевидную, грушевидную или удлиненную форму, и быть пленчатой или голой. Цвет зерновки варьируется от белого до черного, а ее диаметр составляет от 4 до 8 мм. Масса тысячи зерен изменяется в пределах от 6 до 70

граммов. Зерновка состоит из оболочки, эндосперма (запасующей ткани) и зародыша, который находится в дорсальной и нижней частях зерна. Зародыш насыщен липидами (до 28% с ненасыщенными жирными кислотами), витаминами группы В, низкомолекулярными белками (до 19%) и минералами (до 10%).

Эндосперм составляет 75-85 % от общего объема зерна, являясь тканью, которая окружает и питает зародыш. Слой алейрона богат белками (включая белковые тела и ферменты), минералами (такими как фитин) и липидами (сферосомами). В периферическом, стекловидном и мучнистом эндоспермах содержится крахмал, который составляет 70-85 %, а также белки. Оболочки зерновки составляют всего 4-8 % от ее массы. Химический состав зерна сорго схож с кукурузным, но при этом в сорго меньше жира и больше белка.

В таблице 1 приведены морфометрические характеристики и семенная продуктивность, зернового сорго сорта «Бакалавр».

Питательная ценность сорго зависит от сортовых вариаций и климатических условий, в которых оно выращивается (рис. 4, табл. 2).

Таблица 1. Морфометрические характеристики и показатели элементов структуры урожая зернового сорго

Table 1. Morphometric characteristics and indicators of the elements of the grain sorghum crop structure

Признаки	Бакалавр	НСР ₀₅
Высота растений, см	115,4	5,48
Длина соцветия, см	28,1	1,33
Выдвинутость ножки соцветия, см	5,0	0,74
Продуктивная кустистость, шт.	1,00	0,16
Масса 1000 зерен, г	30,6	1,83
Урожайность зерна, т/га	4,24	0,26

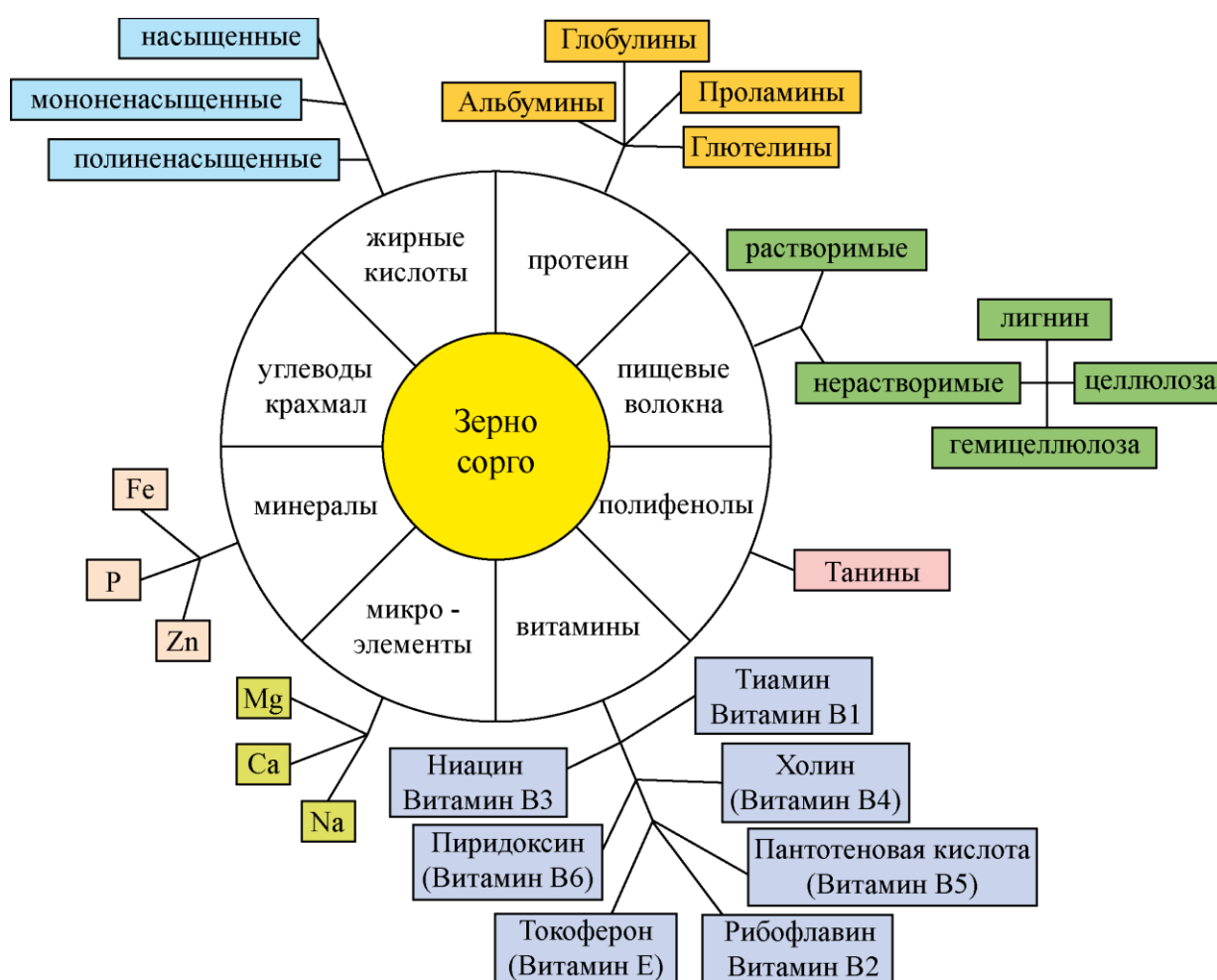


Рис. 4. Биохимический состав зерна сорго
Fig. 4. Biochemical composition of sorghum grain

Содержание белка в сорго превышает содержание в кукурузе на 2,5%, уровень сырой клейковины — на 0,2%, а безазоти-

стых экстрактивных веществ - на 2,5%. Разнообразие химического состава этих культур определяет их различное применение.

Оптимальное содержание цельнозерновой муки из сорго в готовых продуктах было установлено эмпирически. Ключевой задачей было максимально увеличить пористость, а также содержание витаминов и микроэлементов в образцах, не вызывая существенных изменений в их структурных, механических и органолептических характеристиках.

Для этого использовался метод регрессионного анализа, с помощью которого рассчитывалась модель смесей и определялась тен-

денция изменчивости показателей. Для характеристики качества хлебобулочных изделий с добавлением муки из цельнозернового сорго выбраны следующие показатели: y_1 – пористость, %; y_2 – удельный объем, m^3 ; y_3 – массовая доля влаги, %; y_4 – содержание витамина Р, мг. Независимыми факторами являются: x_1 – содержание муки высшего сорта, %; x_2 – содержание муки из цельнозернового сорго, %. Изменение соотношения компонентов производилось с шагом в 5% (табл. 3, 4).

Таблица 2. Биохимический состав зерна кукурузы и сорго, % на сухое вещество
Table 2. Biochemical composition of corn and sorghum grain, % per dry matter

Культура	Белок	Безазотистые экстрактивные вещества	Жир	Клетчатка	Зола	Вода
Кукуруза	10,6	69,2	4,3	2,0	1,4	12,5
Сорго	12,7	71,7	3,2	1,5	1,6	9,3

Таблица 3. Матрица планирования и результаты эксперимента
Table 3. Planning matrix and experimental results

Номер опыта	Экспериментальные данные					
	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	y_4
1	100,0	0,0	88,6	1,65	43,2	197,00
2	95,0	5,0	88,5	1,73	42,5	201,40
3	90,0	10,0	88,8	1,88	41,7	206,20
4	85,0	15,0	88,3	1,76	38,4	211,60
5	80,0	20,0	88,2	1,62	39,8	215,40
6	75,0	25,0	87,1	1,60	34,4	219,90
7	70,0	30,0	86,5	1,58	31,2	224,60
8	65,0	35,0	85,9	1,56	30,8	230,50
9	60,0	40,0	84,4	1,53	28,7	238,60
10	55,0	45,0	83,8	1,49	26,4	242,70

Таблица 4. Результаты линейного регрессионного анализа
Table 4. Results of linear regression analysis

Функция отклика	Коэффициент корреляции (R)	Коэффициент детерминации (R^2)	Критерий Фишера (F)
Пористость, %	-0,939190	0,8649	21,5*
Удельный объем, m^3	-0,772953	0,5929	5,04*
Массовая доля влаги, %	-0,977321	0,9409	54,83*
Содержание витамина Р, мг	0,9967786	0,9801	171,5*

* Критический уровень $F_{табл}$ находим с помощью таблицы (F – распределение: критические значения F с ν_1 и ν_2 степенями свободы, уровень значимости в 5 %): $F_{табл}=4,26$.

3D Surface Plot of Пористость against Мука из цельнозернового сорго and Удельный объем
 Sorgo.sta 10v*10с
 Пористость = Distance Weighted Least Squares

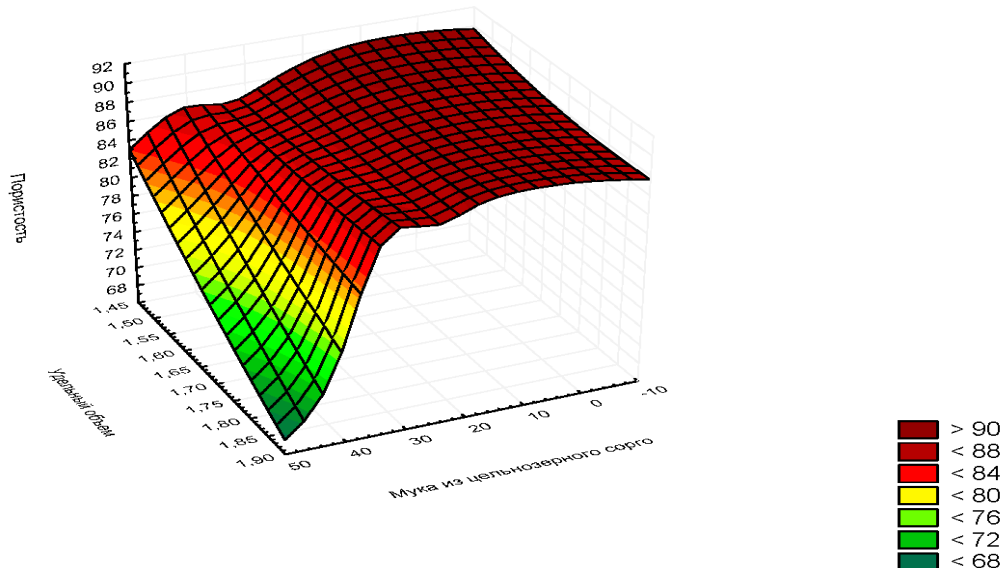


Рис. 5. Влияние цельнозерновой муки из сорго на пористость и удельный объем
Fig. 5. Effect of whole grain sorghum flour on porosity and specific volume

3D Surface Plot of Содержание витамина Р against Мука из цельнозернового сорго and Массовая доля влаги
 Sorgo.sta 10v*10с
 Содержание витамина Р = Spline

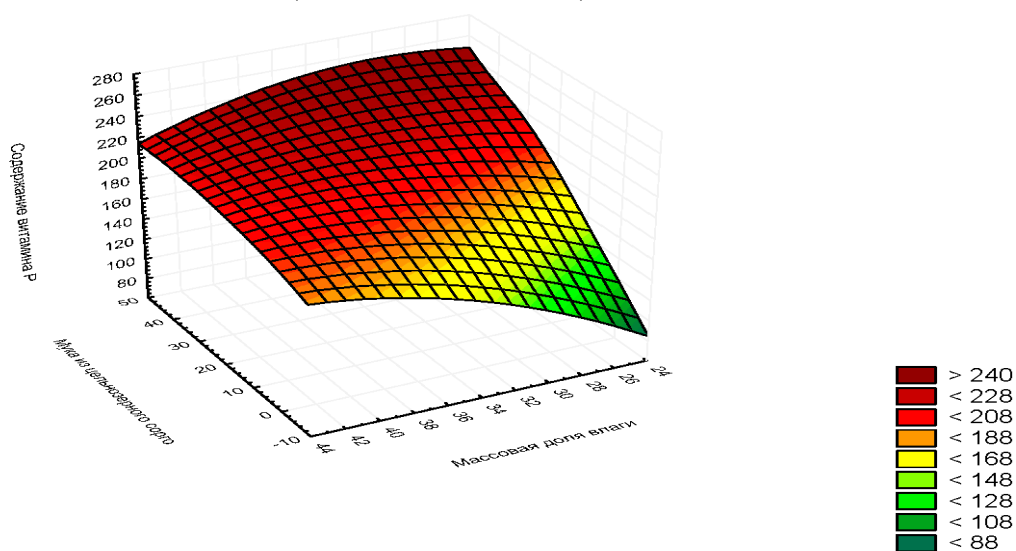


Рис 6. Влияние цельнозерновой муки из сорго на массовую долю влаги и содержание витамина Р
Fig. 6. Effect of whole grain sorghum flour on moisture content and vitamin P content

Изменение свойств в зависимости от концентрации ингредиентов в рецептурах имеет линейный характер. Для нахождения

оптимальных соотношений компонентов проводился анализ функции y_1, y_2, y_3, y_4 на основе полученных уравнений

регрессии. Процесс определения оптимальных соотношений ингредиентов в составах осуществлялся с использованием программного пакета Mathcad. Минимальные и максимальные значения концентраций компонентов x_1 и x_2 определялись с учетом органолептических характеристик.

$$70 \leq x_1 \leq 100$$

$$30 \leq x_2 \leq 10$$

Пределы функций y_1, y_2, y_3, y_4 задавались исходя из определенных физико-химических характеристик:

$$83,8 \leq y_1 \leq 88,8$$

$$1,49 \leq y_2 \leq 1,88$$

$$38,4 \leq y_3 \leq 41,7$$

$$197 \leq y_4 \leq 242,70$$

Результаты оптимизации представлены в таблице 5.

Таблица 5. Оптимальные концентрации компонентов в композициях

Table 5. Optimum concentrations of components in compositions

Поиск минимума функций y_n	Оптимальные концентрации компонентов, %		Значение функции $y(x_1, x_2, x_3, x_4)$
	Мука пшеничная высшего сорта x_1 , %	Мука из цельнозернового сорго x_2 , %	
y_1	70,0	30,0	86,53
y_2	85,0	15,0	1,75
y_3	90,0	10,0	40,21
y_4	60,0	40,0	239,50
Среднее значение x	76,25	23,75	-

Заключение. Регрессионный анализ позволил составить матрицу эксперимента и определить оптимальную замену

пшеничной муки на цельнозерновую муку зернового сорго в количестве 23,75%.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка новых сортов сорго зернового при использовании в хлебопечении / Алабушев А.В. [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (54). С. 144-150.
2. Цуприков А.А., Якименко К.Ю. Влияние количества экспериментальных данных на достоверность результатов измерений // Информатика, телекоммуникации и управление. 2009. № 1 (72).
3. Резун А.А. Факторный анализ эффективности использования основных средств в сельскохозяйственных организациях // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 75.
4. Управление качеством и безопасностью на хлебопекарных предприятиях / В.А. Буховец [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 2. С. 29-38.
5. Буховец В.А., Короткова Л.А. Исследование влияния светлозерной ржи «Памяти Бамбышева» на качество ржано-пшеничных изделий // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Меж-

дународного научно-практического форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета (Волгоград, 30 янв. - 01 февр. 2019 г.). Т. 2. Волгоград: ВолгГАУ, 2019. С. 104-109.

6. Власенко А.В., Жданов А.А. Обобщение алгоритма прогнозирования временных рядов производственных систем // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019. № 1 (236).

7. Оценка засухоустойчивости ЦМС-линий сорго на основе различных источников стерильности / Кибальник О.П. [и др.] // Труды по ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182 (4). С. 9-17.

8. Орлова Т.В., Кудинов П.И. Работа рецептуры и технологии производства хлеба на основе безглютеновых мучных смесей // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 50-57. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.010

9. Мохова В.И., Вихрова Е.А., Никонорова Ю.Ю. Оценка качества выпечки пшеничного хлеба с добавлением примеси муки зернового сорго // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. 2019. № 151. С. 193-199.

10. Макушин А.Н. Перспективы использования новых сортов зерна нетрадиционных мукомольных культур при производстве безглютеновых хлебобулочных изделий / Макушин А.Н. [и др.] // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник статей. Пенза: РИО ПГСХА, 2020. С. 58-61.

11. Пашкова Е.Ю., Волкова А.В. Влияние применения муки из зерна сорго на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Самара, 2018. С. 208-212.

12. Матвиенко Е.В. Сорго как пищевая культура // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63, № 3. С. 12.

13. Никонорова Ю.Ю., Волкова А.В. Влияние применения муки из зерна амаранта, сорго и проса на процессы брожения и созревания теста // Евразийский союз ученых. 2020. № 7/8 (76). С. 31-35.

14. Гамагер Б.Р., Бугусу В.А. Обзор: протеин из сорго и качество еды [Электронный ресурс]. URL: <http://ww.afripo.org.uk/papers/Paper08>.

15. Use of secondary raw material of animal products in the technology of production of bakery products based on wheat-amaranth mixture / A.N. Shishkina [et al.] // Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology. Food Industry. 2019. Vol. 20, No. 2. P. 303-311.

REFERENCES

1. Evaluation of new varieties of grain sorghum for use in bakery / Alabushev A.V. [et al.] // Bulletin of Voronezh State Agrarian University. 2017. No. 3 (54). P. 144-150. (In Russ.).

2. Tsuprikov A.A., Yakimenko K.Yu. Influence of the amount of experimental data on the reliability of measurement results // Computer science, telecommunications and management. 2009. No. 1 (72). (In Russ.).

3. Rezun A.A. Factor analysis of the efficiency of using fixed assets in agricultural organizations // Scientific journal of KubSAU. 2012. Iss. 75. (In Russ.)

4. Bukhovets V.A. Quality and safety management at bakeries / V.A. Bukhovets [et al.] // Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. 2023. No. 2. P. 29-38. (In Russ.).

5. Bukhovets V.A., Korotkova L.A. Studying the influence of «In memory of Bambyshv» light-grain rye on the quality of rye-wheat products // Development of the agro-industrial complex based on the principles of rational nature management and the use of convergent technologies: Proceedings of the International scientific and practical conference held within the framework of the International scientific and practical forum dedicated to the 75th anniversary of the Volgograd State Agrarian University (Volgograd, January 30 - January 01, 2019). Vol. 2. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2019. P. 104-109. (In Russ.).
6. Vlasenko A.V., Zhdanov A.A. Generalization of the algorithm for forecasting time series of production systems // Bulletin of Adyghe State University. Series 4: Natural, mathematical and technical sciences. 2019. No. 1 (236). (In Russ.).
7. Kibalnik O.P. Evaluation of drought resistance of sorghum CMS -lines based on various sources of sterility / Kibalnik O.P. [et al.] // Works on Botany, Genetics and Breeding. 2021. No. 182 (4). P. 9-17 (In Russ.).
8. Orlova T.V., Kudinov P.I. Development of a recipe and technology for the production of bread based on gluten-free flour mixtures // Polzunovsky Vestnik. 2020. No. 2. P. 50-57. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.010 (In Russ.).
9. Mokhova V.I., Vikhrova E.A., Nikonorova Yu.Yu. Evaluation of the baking quality of wheat bread with the addition of grain sorghum flour // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2019. No. 151. P. 193-199. (In Russ.).
10. Makushin A.N. Prospects for the use of new varieties of non-traditional flour crops in the production of gluten-free bakery products / Makushin A.N. [et al.] // Food technologies of the future: innovations in the production and processing of agricultural products: a collection of articles. Penza: RIO PGSKhA, 2020. P. 58-61. (In Russ.).
11. Pashkova E.Yu., Volkova A.V. The effect of the use of sorghum flour on the quality of bread from premium wheat flour // Innovative achievements of science and technology in the agro-industrial complex: collection of scientific papers of the International scientific and practical conference. Samara, 2018. P. 208-212. (In Russ.).
12. Matvienko E.V. Sorghum as a food crop // International Agricultural Journal. 2020. Vol. 63, No. 3. P. 12. (In Russ.).
13. Nikonorova Yu.Yu., Volkova A.V. Effect of using amaranth, sorghum and millet flour on the fermentation and ripening processes of dough // Eurasian Union of Scientists. 2020. No. 7/8 (76). P. 31-35. (In Russ.).
14. Gamager B.R., V.A. Bugusu Review: Sorghum Protein and Food Quality [Electronic resource]. URL: <http://www.afripo.org.uk/papers/Paper08>. (In Russ.).
15. Use of secondary raw material of animal products in the technology of production of bakery products based on wheat-amaranth mixture / A.N. Shishkina [et al.] // Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology. Food Industry. 2019. Vol. 20, No. 2. P. 303-311.

Информация об авторах / Information about the authors

Буховец Валентина Алексеевна, доцент кафедры Технологии продуктов питания, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, e-mail: vbuhovets@yandex.ru

Картавенко Ольга Валерьевна, магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, e-mail: kartavenkoolya@yandex.ru

Тюрин Павел Олегович, магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, e-mail: tyurin.tula@mail.ru

Стырев Глеб Вадимович, магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, e-mail: gstyrev@bk.ru

Твердохлебова Диана Алексеевна, магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, e-mail: mukhitdinova.dianka@mail.ru

Valentina A. Bukhovets, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Food Technology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., bld. 4, building 3, e-mail: vbuhovets@yandex.ru

Olga V. Kartavenko, Master student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., bld. 4, p. 3, e-mail: kartavenkoolya@yandex.ru

Pavel O. Tyurin, Master student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., bld. 4, p. 3, e-mail: tyurin.tula@mail.ru

Gleb V. Styrev, Master student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation Saratov, Pyotr Stolypin Ave., bld. 4, p. 3, e-mail: gstyrev@bk.ru

Diana A. Tverdokhlebova, Master student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., bld. 4, p. 3, e-mail: mukhitdinova.dianka@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Буховец Валентина Алексеевна – 40%, Картавенко Ольга Валерьевна – 10%, Тюрин Павел Олегович – 10%, Стырев Глеб Вадимович – 30%, Твердохлебова Диана Алексеевна – 10%.

Claimed contribution of authors

Valentina A. Bukhovets – 40%, Olga V. Kartavenko – 10%, Pavel O. Tyurin -10%, Gleb V. Styrev – 30%, Diana A. Tverdokhlebova – 10%.

Поступила в редакцию 19.08.2024

Поступила после рецензирования 02.10.2024

Принята к публикации 07.10.2024

Received 19.08.2024

Revised 02.10.2024

Accepted 07.10.2024