

Современная наука и инновации.
2024. № 2 (46). С. 118-125.
Modern Science and Innovations.
2024;2(46):118-125.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ
ПРОДУКТОВ /
TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS

Научная статья / Original article

УДК 004.942

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.2.11>

Варвара Викторовна Плотникова
[Varvara V. Plotnikova]¹,

Яна Владимировна Малолеткова
[Yana V. Maloletkova]^{2*},

Сергей Васильевич Сусарев
[Sergey V. Susarev]³

Прогнозирование показателей качества
хлебобулочных изделий с использованием
функциональных добавок

Prediction of quality indicators of bakery
products using functional additives

^{1, 2, 3}Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия /
Samara State Technical University, Samara, Russia

*Автор, ответственный за переписку: Яна Владимировна Малолеткова, yana.maloletkova@yandex.ru /
Corresponding author: Yana V. Maloletkova, yana.maloletkova@yandex.ru

Аннотация. Хлебопекарные изделия занимают важное место в структуре питания. Они являются продуктами ежедневного спроса. Именно поэтому важным направлением исследований является обогащение хлебобулочных изделий питательными веществами, витаминами, макро и микроэлементами. В статье рассмотрены различные виды функциональных добавок, используемых в хлебопечении, таких как черешки сельдерея, порошок из бурых водорослей, тыква, ячмень, сорго и др. Исследования по разработке рецептур безглютеновых изделий приобрели в последнее время наибольшую популярность. При выборе альтернативного сырья для эксперимента мы проанализировали условия произрастания топинамбура. Выяснили, что это неприхотливое к условиям произрастания растение, которое накапливает гораздо меньше нитратов и тяжелых металлов чем другие растения, а также устойчив к многим болезням и вредителям. Химический состав топинамбура уникален. Клубни содержат все незаменимые аминокислоты, пищевые волокна, минеральные вещества и витамины. В ходе эксперимента в рецептуре батона пшеничная мука ВС заменялась на муку из топинамбура в дозировке 20, 30 и 40%. Образец с добавлением 30% муки из топинамбура имел наилучшие органолептические показатели. Для упрощения создания рецептур хлебобулочных изделий с функциональными добавками разрабатывается система прогнозирования качества хлебобулочных изделий, позволяющая контролировать выходные параметры изделия на основе исходных данных.

Ключевые слова: функциональные продукты, нетрадиционное сырье, прогнозная оценка, автоматизированный контроль

Для цитирования: Плотникова В. В., Малолеткова Я. В., Сусарев С. В. Прогнозирование показателей качества хлебобулочных изделий с использованием функциональных добавок // Современная наука и инновации. 2024. № 2 (46). С. 118-125. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.2.11>

Abstract. Bakery products occupy an important place in the structure of nutrition. They are products of daily demand. That is why an important area of research is the enrichment of bakery products with nutrients, vitamins, macro and microelements. The article discusses various types of functional additives used in baking, such as celery stalks, brown algae powder, pumpkin, barley, sorghum, etc. Research on the development of recipes for gluten-free products has recently gained the greatest

© Плотникова В. В., Малолеткова Я. В., Сусарев С. В., 2024

popularity. When choosing an alternative raw material for the experiment, we analyzed the growing conditions of Jerusalem artichoke. It was found out that this plant is unpretentious to growing conditions, which accumulates much less nitrates and heavy metals than other plants, and is resistant to many diseases and pests. The chemical composition of Jerusalem artichoke is unique. Tubers contain all the essential amino acids, dietary fiber, minerals and vitamins. During the experiment, in the recipe of the loaf, wheat flour was replaced with Jerusalem artichoke flour in a dosage of 20, 30 and 40%. The sample with the addition of 30% Jerusalem artichoke flour had the best organoleptic characteristics. To simplify the creation of recipes for bakery products with functional additives, a system for predicting the quality of bakery products is being developed, which allows controlling the output parameters of the product based on initial data.

Keywords: functional products, non-traditional raw materials, predictive assessment, automated control

For citation: Plotnikova VV, Maloletkova YaV, Susarev SV. Prediction of quality indicators of bakery products using functional additives. *Modern Science and Innovations*. 2024;2(46):118-125. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.2.11>

Введение. Современная пищевая промышленность представляет собой высококонкурентную и среду с растущими требованиями потребителей к повышению качества, безопасности и срока годности пищевых продуктов, увеличению разнообразия продукции.

В нашем быстро меняющемся мире важно понимать, что забота о нашем питании играет важную роль в поддержании здоровья. Пища, которую мы употребляем, является основным источником не только энергии, но и всех необходимых для жизни витаминов, минералов и других питательных веществ.

Однако современный ритм жизни подчас не дает нам возможности правильно организовать основные приемы пищи, и мы часто вынуждены обращаться к перекусам "на ходу". Желание быстро и просто перекусить может привести к тому, что мы будем употреблять продукты, которые недостаточно питательны и не обеспечивают наш организм всеми необходимыми элементами.

В связи с этим, функциональные продукты питания приобретают все большую популярность. Функциональные продукты - это продукты питания, которые помимо своей основной нутриционной ценности, обогащены дополнительными питательными веществами или биологически активными компонентами, которые могут оказывать положительное воздействие на наше здоровье.

Ученые Новосибирского государственного технического университета и Кемеровского государственного университета совместно разработали рецептуру маффинов с использованием инулина и черешков сельдерея. Черешки сельдерея нарезали и подвергали ИК-сушке, инулин вводили в изделие в количестве 10%. В ходе проведенных экспериментов выяснено, что увеличение доли вводимого порошка сельдерея положительно влияет на содержание витамина С и бета-каротина. Дозировка до 7,5% является оптимальной, так как не сказывается отрицательно на органолептических свойствах [1].

В Камчатском государственном техническом университете изучили использование морских водорослей в качестве полифункциональной комплексной добавки в технологии мучных кондитерских изделий. В качестве основы использовалась рецептура песочного печенья «Круглое». Порошок из бурых водорослей вносили непосредственно в муку в разных дозировках. После проведения органолептического и физико-химического анализа оптимальной была признана дозировка 1% [2].

В Самарском государственном техническом университете ведутся различные исследования по разработке рецептур хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья, такого как гречиха, овес, ячмень, тыква и др. [2, 4, 4, 6, 6, 8].

Включение нетрадиционных ингредиентов в выпечку помогает улучшить пищевую ценность и качество хлебобулочных изделий, что удовлетворяет потребности современных потребителей, заинтересованных в продуктах, способствующих поддержанию здоровья. С учетом увеличивающегося числа заболеваний, связанных с непереносимостью глютена, в поисках альтернативного сырья, исключающего или снижающего содержание глютена в выпечке, можно увидеть необходимость разнообразия и инноваций в пищевой промышленности. Исследование, проведенное в 2018 году, показало, что рынок безглютеновой продукции в России был не полностью развит. Учитывая, что целиакия – генетическое заболевание, предполагается, что число страдающих этим заболеванием будет расти [9].

В связи с этим одно из направлений исследований направлено на создание безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием муки из сорго. Ведется разработка рецептуры безглютенового хлебобулочного изделия с использованием муки из сорго. Образец готовился на основе заварки с добавлением обработанной муки из сорго [10].

Топинамбур, будучи культурой с множеством микроэлементов и отсутствием глютена, представляет собой привлекательный вариант для использования в хлебобулочных изделиях. Его преимуществами являются устойчивость к засухе, высокая урожайность и универсальность использования. Топинамбур, также известный как земляная груша, является многолетним растением, принадлежащим к семейству астровых. Его корни содержат большое количество инулина, растительного полисахарида, который имеет низкий гликемический индекс и не повышает уровень сахара в крови. Мука топинамбура обладает сладким вкусом и приятным ароматом, поэтому может использоваться в выпечке хлебобулочных изделий. Более того, она также содержит диетические волокна, минералы и витамины, делая ее более питательной, чем обычная пшеничная мука [11].

Сравнительный анализ химического состава пшеничной муки высшего сорта и муки из топинамбура представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав муки из топинамбура и пшеничной муки ВС
Table 1 – Chemical composition of jerusalem artichoke flour and wheat flour

Содержание в 100 г продукта	Мука топинамбура	Пшеничная мука ВС
Белки, г	7,9	10,33
Жиры, г	0,7	0,98
Углеводы, г	63,4	76,31
Клетчатка, г	2,5	2,7
Пектин, г	12,2	
Клетчатка, г	2,5	2,7
Моно- и дисахариды	3,2	1
Инулин	14-20	-
Минеральные вещества, мг		
Калий, мг	299,0	107,0
Железо, мг	9,4	1,2
Фосфор, мг	459,9	108,0
Медь, мг	5,9	0,1
Витамины, мг		
Витамин С, мг	18,6	0
Витамин В1, мг	0,20	0,17
Витамин В2, мг	0,06	0,04
Витамин Е, мг	0,19	0,1
Витамин В4, мг	30,0	10,4
Энергетическая ценность, ккал	292	364

Материалы и методы исследований. В лаборатории Высшей биотехнологической школы СамГТУ проводились эксперименты по разработке рецептуры хлебобулочного изделия с добавлением муки из топинамбура. Основное сырье проанализировали по

органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с установленными ГОСТ методиками. Результаты представлены в таблицах

Таблица 2 – Органолептические показатели муки из топинамбура и пшеничной муки ВС
Table 2 – Organoleptic characteristics of jerusalem artichoke flour and wheat flour

	Цвет	Запах	Вкус	Наличие примесей
Мука из топинамбура	Светло-коричневый	Слегка сладковатый, с травяными нотками	Сладкий, с ореховым привкусом	Без посторонних примесей
Мука пшеничная ВС	Белый с кремовым оттенком	Свойственный нормальной муке, без затхлости	Свойственный нормальной муке, без посторонних привкусов	Без посторонних примесей

Таблица 3 – Физико-химические показатели муки из топинамбура и пшеничной муки ВС
Table 3 – Physico-chemical parameters of jerusalem artichoke flour and wheat flour

Показатели	Влажность, %	Содержание клейковины, %	Кислотность, град
Мука из топинамбура	14,7	-	6,5
Пшеничная мука ВС	14	29	3,2

После этого с использованием метода пробных лабораторных выпечек готовилось несколько образцов хлебобулочных изделий. Для проведения эксперимента за основу мы взяли рецептуру Батона из муки пшеничной ВС. Именно этот продукт пользуется ежедневным спросом у населения Самарской области. Муку из топинамбура вносили в количестве 20, 30, 40%. Рецептуры выпекаемых образцов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Рецептура батона с добавлением муки из топинамбура
Table 4 – Recipe of a loaf with the addition of jerusalem artichoke flour

Наименование сырья	Контрольный образец	Опытный образец 1	Опытный образец 2	Опытный образец 3
Мука пшеничная ВС	100	80	70	60
Мука топинамбура	-	20	30	40
Аммоний углекислый	-	0,3	0,3	0,3
Соль	1,5	1,5	1,5	1,5
Сахар	3	3	3	3
Маргарин	3,5	3,5	3,5	3,5
Дрожжи прессованные	3,0	-	-	-

Тесто готовили безопасным способом. Расстойка составляла 60 минут при температуре 32-34°C. Выпекали образцы при температуре 210°C в течение 20 минут.

Результаты исследований и их обсуждение. Группой экспертов проведен органолептический анализ полученных образцов. Цвет, вкус, запах и состояние поверхности необходимо было оценить по пятибалльной шкале.

Итоги оценки представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Диаграммы органолептической оценки образцов
Figure 1 – Diagrams of organoleptic evaluation of samples

По представленным диаграммам можем сделать вывод, что батон с содержанием муки из топинамбура в дозировке 30% имеет наивысшие оценки по показателям.

Заключение. Таким образом, мука из топинамбура является перспективным альтернативным сырьем для производства хлебобулочных безглютеновых изделий, к тому же с содержанием инулина. Дальнейшие исследования направлены на совершенствование рецептуры для полного замещения пшеничной муки ВС.

Имеющийся метод пробных лабораторных выпечек для разработки новых рецептур хлебобулочных изделий является довольно трудоемким [11]. Разработка методов и алгоритмов прогнозной оценки качества позволит смоделировать результат в зависимости от введенных показателей (на входе и на выходе) и в разы ускорить разработку новых рецептур изделий.

Методики моделирования процессов широко используются в разных отраслях промышленности, в том числе в АПК [12,13]. И, основываясь на успешном опыте, мы также ведем разработку системы прогнозирования качества хлебопекарных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копылова А. В., Сапожников А. Н., Давыденко Н. И. Разработка рецептуры и технологии маффинов с использованием инулина и черешков сельдерея // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. Т. 10. № 4 (56). С. 138-142. <https://doi.org/10.46548/21vek-2021-1056-0028>
2. Зенина А. П., Ефимова М. В., Ефимов А. А. Использование морских водорослей в технологии мучных кондитерских изделий // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием; в 2х частях, Петропавловск-Камчатский, 22–24 марта 2016 года. Том Часть 1. Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2016. С. 34–39.
3. Темникова О. Е., Рузянова А. А. Технология производства безглютеновых отделочных полуфабрикатов из нетрадиционного сырья // Пищевая промышленность. 2019. № 1. С. 86–88.
4. Темникова О. Е., Мустакаева А. К., Зимичев А. В. Разработка технологии хлеба пшеничного с добавлением тыквенного пюре // Инновационные технологии в пищевой промышленности: Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Самара, 14–16 апреля 2016 года. Самара: Самарский государственный технический университет, 2016. С. 32–33.

5. Темникова О, Егорцев Н., Зимичев А. Гречневая мука в технологии пшеничного хлеба // Хлебопродукты. 2011. № 11. С. 38–39.
6. Орлов Д. А., Малолеткова Я. В. Разработка рецептуры функционального песочного печенья // Пищевые технологии и биотехнологии: XVIII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, Казань, 18–21 апреля 2023 года. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2023. С. 574–576.
7. Малолеткова Я. В. Использование каши из ячневой крупы в производстве хлеба // Технологии и продукты здорового питания: Сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 17–18 декабря 2020 года / Под общей редакцией Н.В. Неповинных, О.М. Поповой, Е.В. Фатьянова. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. С. 408–409.
8. Чалдаев П. А., Зимичев А. В. Использование овса и продуктов его переработки в хлебопечении // Хлебопечение России. 2012. № 2. С. 22–23. EDN OSKIJZ.
9. Рузянова А. А., Темникова О. Е., Зимичев А. В. Исследование потребительского спроса на безглютеновую мучную продукцию // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Бийск, 23–25 мая 2018 года. Бийск: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), 2018. С. 593–595.
10. Малолеткова Я. В., Сусарев С. В., Темникова О. Е. Разработка рецептуры безглютенового хлебобулочного изделия с использованием муки из сорго // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 283–289. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-12-283-289>
11. Сухова О. В. Разработка рецептуры хлебобулочного изделия с использованием муки топинамбура / О. В. Сухова, Е. В. Комарова, Д. А. Ермаков // Инновационный потенциал развития мировой науки и техники: взгляд современных ученых: материалы XIII Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 30 сентября 2023 года. Нижний Новгород: Научный мир, 2023. С. 261–264. EDN CSWGDL.
12. Малолеткова Я. В. Изучение возможности автоматизации метода разработки рецептуры хлебобулочных изделий функционального назначения / Я. В. Малолеткова // Пищевая промышленность. 2023. № 2. С. 106–107. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.2.2.023>.
13. Сусарев С. В., Орлов С. П., Бизюкова Е. Е., Учайкин Р. А. Моделирование процессов прогнозного технического обслуживания роботизированных агротехнических автомобилей // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 1. С. 148–153. https://doi.org/10.52348/2712-8873_MMTT_2021_1_148
14. Яковлева А. Е., Сусарев С. В., Орлов С. П. Анализ эффективности роботизированной системы сельскохозяйственных автомобилей // Системы управления и информационные технологии. 2021. № 3 (85). С. 94–100. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.85.3.017>

REFERENCES

1. Kopylova, AV, Sapozhnikov AN, Davydenko NI. Development of formulation and production technology of muffins with the use of inulin and celery stalk. XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus. 2021;10(4(56)):138-142. (In Russ.). <https://doi.org/10.46548/21vek-2021-1056-0028>
2. Zenina AP, Efimova MV, Efimov AA. Use of seaweed in flour confectionery technology. In Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use: proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference with international participation; in

- 2 parts, Petropavlovsk-Kamchatsky, March 22-24, 2016. Volume Part 1. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Technical University; 2016;34-39. (In Russ.).
3. Temnikova OE, Ruzyanova AA. Technology of gluten-free semi-finished bakery products using non-traditional raw material. Food processing Industry. 2019;1:86-88. (In Russ.).
4. Temnikova OE, Mustakaeva AK, Zimichev AV. Development of technology for wheat bread with the addition of pumpkin puree. In Innovative technologies in the food industry: collection of articles of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation, Samara, April 14-16, 2016. Samara: Samara State Technical University; 2016;32-33. (In Russ.).
5. Temnikova O, Egortsev N, Zimichev A. Buckwheat flour in wheat bread technology. Bread products. 2011;11:38-39. (In Russ.).
6. Orlov DA, Maloletkova YaV. Development of a recipe for functional shortbread cookies. Food technology and biotechnology: XVIII All-Russian conference of young scientists, postgraduates and students with international participation, Kazan, April 18-21, 2023. Kazan: Kazan National Research Technological University, 2023;574-576. (In Russ.).
7. Maloletkova YaV. Use of barley porridge in bread production. Technologies and healthy food products: Collection of articles of the XII National scientific and practical conference with international participation, Saratov, December 17-18, 2020. Edited by NV Nepovinnykh, Popova OM, Fatyanova EV. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov; 2021;408-409. (In Russ.).
8. Chaldae PA, Zimichev AV. Use of oats and its processed products in bread baking. Bakery of Russia. 2012;2:22-23. EDN OSKIJZ. (In Russ.).
9. Ruzyanova AA, Temnikova OE, Zimichev AV. Research of consumer demand for gluten-free flour products // Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industries: Proceedings of the XI All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, Biysk, May 23-25, 2018. Biysk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunov" (AltSTU); 2018;593-595. (In Russ.).
10. Maloletkova YaV, Susarev SV, Temnikova OE. Developing a gluten-free bakery product recipe using sorghum flour. Bulletin of KrasSAU. 2023;12:283-289. (In Russ.). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-12-283-289>
11. Sukhova OV, Komarova EV, Ermakov DA. Development of a recipe for a bakery product using Jerusalem artichoke flour / O. V. Sukhova, E. V. Komarova, D. A. Ermakov // Innovative potential for the development of world science and technology: the view of modern scientists: materials of the XIII International scientific and practical conference, Nizhny Novgorod, September 30, 2023. Nizhny Novgorod: Scientific world; 2023;261-264. EDN CSWGDL. (In Russ.).
12. Maloletkova YaV. Studying the possibility of automating the method of developing a recipe for functional bakery products. Food processing Industry. 2023;2:106-107. (In Russ.). <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.2.2.023>
13. Susarev SV, Orlov SP, Bizyukova EE, Uchaikin RA. The models for predictive maintenance of robotic agricultural vehicles. Matematicheskie metody v tekhnologiyakh i tekhnike = Mathematical methods in engineering and technology. 2021;1:148-153. (In Russ.). https://doi.org/10.52348/2712-8873_MMTT_2021_1_148
14. Yakovleva AE, Susarev SV, Orlov SP. Analysis of the agricultural vehicle robotic system effectiveness. Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii = Control systems and information technologies. 2021;3(85):94-100. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.85.3.017>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Варвара Викторовна Плотникова – студент Высшей биотехнологической школы, Самарский государственный технический университет

Яна Владимировна Малолеткова – аспирант, старший преподаватель Высшей биотехнологической школы, Самарский государственный технический университет, yana.maloletkova@yandex.ru

Сергей Васильевич Сусарев – кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизации и управления техническими процессами, Самарский государственный технический университет

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Varvara V. Plotnikova – Student of the Higher Biotechnological School, Samara State Technical University

Yana V. Maloletkova – Graduate Student, Senior Teacher of the Higher Biotechnological School, Samara State Technical University, yana.maloletkova@yandex.ru

Sergey V. Susarev – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, Department of Automation and Control of Technical Processes, Samara State Technical University

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

*Статья поступила в редакцию: 14.03.2024;
одобрена после рецензирования: 19.04.2024;
принята к публикации: 10.06.2024.*

*The article was submitted: 14.03.2024;
approved after reviewing: 19.04.2024;
accepted for publication: 10.06.2024.*