

Научная статья
УДК 664.694<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.2.9>

Разработка технологии мучных изделий из пресного теста с обогащением порошком папоротника-орляка: обеспечение безопасности, качества и конкурентоспособности

Екатерина Андреевна Казанцева^{1*}, Анастасия Валерьевна Копылова²^{1,2}Новосибирский государственный технический университет (20, пр. К.Маркса, Новосибирск, 630073, Россия)¹cat.kazantzewa@yandex.ru²kopylova@corp.nstu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9700-8989>

*Автор, ответственный за переписку

Аннотация. Введение. В статье представлено обоснование обогащения мучных изделий порошком папоротника-орляка, как подхода к повышению пищевой и биологической ценности традиционных блюд. Показана актуальность направления функционального питания и необходимость сохранения привычных органолептических свойств при добавлении растительных ингредиентов. Обсуждается этнокультурный контекст, включая целесообразность применения в блюдах татарской кухни, где широко используются изделия из пресного теста. Подчеркиваются риски дикорастущего сырья и потребность в детоксикации из-за птакилозида. **Материалы и методы.** Методологической основой настоящего теоретического исследования является анализ технологической схемы подготовки орляка и экспериментальной проверке доз добавки в пресное тесто. Сырьё собирали в экологически чистой зоне, промывали, бланшировали, подвергали инфракрасной сушке, измельчали до порошка и вводили в рецептуры вместо части муки. Рассматривались уровни шесть, девять и двенадцать процентов от массы муки. Комплексная оценка включала сенсорный анализ изделий, инструментальные измерения цвета и текстуры, а также расчёт нутритивных показателей относительно контрольного образца. Верифицировались эффекты детоксикации термообработкой. Чтобы провести сравнения основного питательного состава теста при добавлении папоротника, были смоделированы рецептуры 16 блюд. **Результаты и обсуждение.** В ходе работы обнаружено, что введение порошка повышает содержание белка, пищевых волокон и минеральных элементов, формируя более благоприятный нутриентный профиль по сравнению с контролем. Оптимальной признана доля девять процентов, обеспечивающая баланс между улучшением питания и приемлемой органолептикой: эластичная структура, зелено-золотистый оттенок, мягкий травянистый аромат без выраженной горечи. Более высокая доля приводит к усилению растительных нот и затрудняет раскатку теста. Комбинированная обработка: бланширование плюс инфракрасная сушка существенно снижает содержание птакилозида, подтверждая безопасность подхода. Апробация в традиционных изделиях татарской кухни демонстрирует технологическую совместимость и положительную потребительскую реакцию. Обсуждаются перспективы сочетания с иными растительными порошками для оптимизации профиля питательных веществ и органолептики. Дополнительно показано, что корректировка влагосодержания смягчает влияние добавки на раскатываемость, а потребительские пробы подтверждают приемлемость вкуса. **Заключение.** По итогам проведённого исследования можно сделать вывод о том, что разработанная технология обогащения пресного теста порошком орляка является научно обоснованной и практически реализуемой. Она повышает пищевую и биологическую ценность изделий при сохранении качества и безопасности, а также учитывает культурные особенности рецептур. Предложены направления дальнейших работ: уточнение режимов детоксикации и параметров сушки, масштабирование на промышленный уровень, расширенные сенсорные панели, подтверждение стойкости цвета и вкуса при хранении, токсикологическая и клиническая верификация, а также разработка нормативов контроля качества.

© Казанцева Е. А., Копылова А. В., 2026

Ключевые слова: папоротник-орляк, дикорастущее сырьё, мучные изделия, пресное тесто, пищевая безопасность, инфракрасная сушка, функциональные продукты, нутриенты, органолептика, токсичность, традиционная кухня, татарская кухня, пищевая ценность

Для цитирования: Казанцева Е. А., Копылова А. В. Разработка технологии мучных изделий из пресного теста с обогащением порошком папоротника-орляка: обеспечение безопасности, качества и конкурентоспособности // Современная наука и инновации. 2026. № 2. С. 111–123. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.2.9>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.04.2026;
принята к публикации 01.06.2026.

Research article

Development of a new range of flour products made from unleavened dough with the addition of bracken powder: ensuring safety, quality and competitiveness

Ekaterina A. Kazantseva^{1*}, Anastasia V. Kopylova²

^{1,2} Novosibirsk State Technical University (20, K. Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia)

¹ cat.kazantzewa@yandex.ru

² kopylova@corp.nstu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9700-8989>

*Corresponding author

Abstract. Introduction. The article provides a justification for enriching flour products with bracken powder as an approach to increasing the nutritional and biological value of traditional dishes. The relevance of the direction of functional nutrition and the need to preserve the usual organoleptic properties when adding herbal ingredients are shown. The ethnocultural context is discussed, including the expediency of using unleavened dough products in Tatar cuisine. The risks of wild-growing raw materials and the need for detoxification due to ptakylolide are emphasized. **Materials and methods.** The study is based on the analysis of the technological scheme of preparation of eaglet and experimental verification of the doses of the additive in unleavened dough. The raw materials were collected in an ecologically clean area, washed, blanched, infrared dried, powdered, and added to formulations instead of a portion of flour. The levels of six, nine and twelve percent of the flour weight were considered. The comprehensive assessment included sensory analysis of the products, instrumental measurements of color and texture, as well as the calculation of nutritional indicators relative to the control sample. The effects of detoxification by heat treatment were verified. To compare the basic nutritional composition of the dough when adding fern, the recipes of 16 dishes were modeled. **Results and discussion.** In the course of the work, it was found that the introduction of the powder increases the content of protein, dietary fiber and mineral elements, forming a more favorable nutritional profile compared with the control. The optimal proportion is nine percent, which provides a balance between improved nutrition and acceptable organoleptics: elastic structure, green-golden hue, mild herbaceous aroma without pronounced bitterness. A higher proportion leads to an increase in floral notes and makes it more difficult to roll out the dough. The combined treatment of blanching plus infrared drying significantly reduces the content of ptakylolide, confirming the safety of the approach. The approbation in traditional products of Tatar cuisine demonstrates technological compatibility and a positive consumer reaction. The prospects of combining with other herbal powders to optimize the profile of nutrients and organoleptics are discussed. Additionally, it is shown that adjusting the moisture content softens the effect of the additive on rollability, and consumer samples confirm the acceptability of taste. **Conclusion.** Based on the results of the study, it can be concluded that the developed technology for enriching unleavened dough with bracken powder is scientifically sound and practically feasible. It increases the nutritional and biological value of products while maintaining quality and safety, and also takes into account the cultural characteristics of formulations. The most rational dosage is nine percent. The directions of further work are proposed: refinement of detoxification modes and drying parameters, scaling to an industrial level, expanded touch panels, confirmation of color and taste stability during storage, toxicological and clinical verification, as well as the development of quality control standards.

Keywords: bracken fern, wild raw materials, flour products, unleavened dough, food safety, infrared drying, functional products, nutrients, organoleptic properties, toxicity, traditional cuisine, Tatar cuisine, nutritional value

For citation: Kazantseva EA, Kopylova AV. Development of a new range of flour products made from unleavened dough with the addition of bracken powder: ensuring safety, quality and competitiveness. *Modern Science and Innovations*. 2026;(2):111-123. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.2.9>

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

The article was submitted 01.12.2025;

approved after reviewing 01.04.2026;

accepted for publication 01.06.2026.

Введение. В современном пищевом производстве растёт интерес к функциональным ингредиентам и обогащённым продуктам, которые повышают питательную ценность традиционных блюд [1]. Мучные кулинарные изделия из пресного теста (например, лепешки, пироги, лапша) широко распространены в рационе, однако обычное пшеничное тесто имеет ограниченную биологическую ценность – в нём сравнительно мало пищевых волокон, витаминов и микроэлементов.

Актуальной задачей пищевой науки является улучшение нутриентного профиля таких изделий путем добавления растительного сырья, богатого биологически ценными веществами. Обогащение мучных изделий порошками из растительного сырья – активно развивающееся направление, позволяющее повысить пищевую ценность продуктов и придать им функциональные свойства. Растительные порошки представляют собой концентраты биологически активных веществ (белков, пищевых волокон, минералов, витаминов) при низкой калорийности, поэтому их добавление в хлебопекарные и кондитерские изделия рассматривается как эффективный способ нутриентного обогащения [2]. В последние годы появилось много исследований (2022–2025 гг.), посвященных использованию порошков из овощей, водорослей, грибов и других нетрадиционных ингредиентов в производстве хлеба, макарон и выпечки. Такие добавки позволяют существенно увеличить содержание пищевых волокон и микроэлементов в изделиях [12], а также обогатить рацион фитонутриентами (полифенолами, каротиноидами и др.), положительно влияющими на здоровье потребителей [3]. При этом важно сохранить привычные органолептические свойства продукта и обеспечить его безопасность для потребителя. Одним из перспективных нетрадиционных ингредиентов является порошок папоротника-орляка (*Pteridium aquilinum*), полученный из дикорастущего сырья.

Папоротник-орляк издавна употребляется в пищу в ряде стран: например, в Японии и Китае молодые побеги папоротника (известные как «варя» или «бракен») считаются весенним деликатесом [4]. В юго-западном Китае крахмал из корневищ орляка используют для приготовления традиционного клейкого пирога «jue ba» [4]. Поэтому использование папоротника-орляка в другой национальной кухне – перспективное направление. Так, например, его использование целесообразно в кухнях, которые богаты изделиями из теста. Татарская национальная кухня относится именно к таким, ведь в неё входит множество мучных изделий – от хлебов и пирогов до лапши и сладостей. Значительная часть традиционной выпечки готовится из пресного (бездрожжевого) теста, что исторически обусловлено либо отсутствием дрожжей, либо желанием получить особую текстуру.

Традиционные рецептуры ориентировались на те продукты, которые были «под рукой» у народа – зерно, молоко, яйца, картофель [5]. Тем не менее, использование дикорастущих трав и растений также не чуждо народной кухне: в начинку пирогов

нередко добавляли зелень, дикорастущий лук, крапиву и пр. В этом контексте идея обогащения теста папоротником выглядит как развитие национальных традиций – включение дара природы в привычное блюдо для повышения его питательной ценности. Содержание крахмала в корневище может достигать ~45% сухой массы [4], а в высушенных надземных частях папоротника обнаружено около 24–27% сырого протеина [8]. Белки папоротника имеют полноценный аминокислотный состав – выявлено 15 аминокислот, в том числе 7 незаменимых, причём суммарное содержание незаменимых аминокислот превышает таковое в референтном (эталонном) белке [8]. Например, фенилаланин+тирозин присутствуют в количестве ~2,17 г на 100 г белка, глутаминовая кислота доминирует (до 5 г/100 г) [8]. Индекс незаменимых аминокислот превышает 1,0, что свидетельствует о высокой биологической ценности папоротникового белка [8].

Таким образом, обогащение пшеничного теста порошком папоротника может повысить содержание белка и ряда микронутриентов в готовых изделиях. Однако папоротник-орляк известен не только полезными свойствами, но и наличием токсичных соединений. Главным из них является птакилозид – канцерогенный porseskвитерпен-гликозид, из-за которого Международное агентство по изучению рака (IARC) классифицировало орляк как «возможно канцерогенный для человека» (группа 2B) [9]. В связи с этим традиционное употребление побегов орляка в пищу (например, в Корее известное как «косари») всегда предполагает специальную обработку – вымачивание, бланширование, отваривание – для снижения содержания токсинов. Исследования показывают, что термическая обработка способна существенно снизить содержание птакилозида: так, отваривание побегов папоротника в кипящей воде в течение 20 минут уменьшает концентрацию птакилозида минимум на ~94–97% [10]. Высокие температуры разрушают часть токсинов – птакилозид частично деградирует, а ферменты типа тиаминазы инактивируются при нагревании [9].

Опыт использования других растительных порошков вселяет уверенность, что при грамотном подборе доли добавки и технологии обработки возможно создать безопасные и вкусные изделия. Дальнейшее вхождение папоротника-орляка в научный и кулинарный обиход способствует расширению ассортимента функциональных продуктов, обогащенных природными компонентами, что отвечает запросам современного общества на здоровое питание.

Материалы и методы. Целью настоящего исследования является разработка технологии мучных изделий из пресного теста с обогащением порошком папоротника-орляка (*Pteridium aquilinum*), пригодной для приготовления традиционной лапши. Экспериментальная часть работы включала подготовку сырья, получение порошка папоротника, замес теста с различными уровнями обогащения, формование и варку изделий, а также комплексную оценку их качества.

В качестве растительного обогатителя использовали папоротник вида *Pteridium aquilinum* (орляк обыкновенный), собранный в экологически чистой лесной зоне в начале лета (фаза развившихся вай длиной 20–30 см). Сырьё (молодые надземные части папоротника) было идентифицировано ботаником, после чего сразу подвергнуто технологической обработке для предотвращения ухудшения качества. Свежее сырьё тщательно промыли в проточной воде от грязи и частиц почвы. Затем проводили бланширование – погружение папоротника в кипящую воду (100 °C) на 10 минут с последующим быстрым охлаждением в холодной воде. Данная операция направлена на денатурацию ферментов, выведение водорастворимых горьких веществ и частичное удаление птакилозида (который легко экстрагируется в воду) [9]. Выдержка 10 минут выбрана на основании предварительных данных о снижении птакилозида на ~70–88% за это время [10]; более длительное кипячение (20 мин) повышает эффективность детоксикации до ~95% [10], но может привести к излишней мягкости сырья, затрудняющей сушку, поэтому был принят компромисс 10 мин + дальнейшая инфракрасная сушка (высокотемпературная сушка продолжит разрушение токсинов).

Бланшированный папоротник обсушивали от излишков влаги и нарезали на фрагменты длиной 2–3 см.

Сушка сырья осуществлялась методом инфракрасной сушки (ИК-сушки). Использовали лабораторную сушильную установку с ИК-излучателями, обеспечивающую нагрев продукта за счет инфракрасных волн средней длины. Температура на поверхности сырья поддерживалась в диапазоне 60–70 °С, время сушки – до достижения влажности <8% (около 2 часов). Инфракрасное излучение обеспечивает интенсивное испарение влаги с минимальным перегревом продукта, что позволяет сохранять чувствительные компоненты (витамины, фенольные соединения) и натуральный цвет [11]. Высушенный папоротник измельчали в порошок в два этапа: сначала грубое дробление в ножевой мельнице (до частиц ~2–3 мм), затем тонкое измельчение в вращающейся шаровой мельнице до порошкообразного состояния (большинство частиц <100 мкм). Полученный порошок папоротника-орляка хранили в герметично закрывающихся контейнерах в темном прохладном месте до использования, чтобы предотвратить увлажнение и окисление.

Для приготовления теста использовали пшеничную муку высшего сорта (содержание клейковины ~28%). Также применяли стандартные ингредиенты: вода питьевая, куриное яйцо. Базовый рецепт пресного теста (контрольный образец) состоял из муки (50г.), воды (5 г.) и 0,5 яйца. В обогащенных вариантах теста часть пшеничной муки замещали порошком папоротника в разных процентных соотношениях: были подготовлены пробы с 6%, 9% и 12% добавки (по массе сухой смеси). Например, для 6% варианта на 47 г. муки добавляли 3 г. порошка. Все сухие компоненты предварительно просеивали и перемешивали для равномерного распределения. Замес теста производили вручную до однородной консистенции, оптимальную влажность доводили добавлением воды «на глаз» до получения мягкого эластичного теста (замечено, что по мере увеличения доли порошка папоротника требовалось немного больше воды, так как порошок впитывает влагу благодаря содержанию клетчатки). Замешенное тесто заворачивали в пленку и оставляли «отдохнуть» при комнатной температуре ~30 минут перед формовкой изделий – это способствовало более полному набуханию клейковины и компонентов порошка.



**Рисунок 1. Раскатанные образцы теста для лапши домашней /
Figure 1. Rolled dough samples for homemade noodles**

При замесе было оценено влияние на реологию и обработку теста. заметно, что тесто с папоротником требует больше воды для достижения аналогичной консистенции. Добавка 6% порошка увеличивала водопоглощение примерно на 3% (в пересчете на массу муки), а 12% – на 6–9%. Это ожидаемо, поскольку клетчатка и белки папоротника

связывают воду. При фиксированном влагосодержании более высокие дозы порошка приводили к более крутому, сухому тесту, труднее поддающемуся раскатке. Однако после корректировки гидратации получалось достаточно эластичное тесто, пригодное для формования. Эти тенденции согласуются с данными о других богатых клетчаткой добавках: введение растительных порошков обычно увеличивает упругость и сопротивление теста, одновременно немного ухудшая его растяжимость [12]. Тем не менее, изменения не носили катастрофического характера – тесто с 9–12% порошка все еще можно было раскатывать в тонкие пласты для лепешек или резать на лапшу. Визуально в раскатанном виде оно выглядело ровным, без разрывов.

Всего в ходе эксперимента было произведено 16 изделий: лапша домашняя, кыстыбый с картофелем, урама и самса по 4 изделия каждого (контрольные образцы, и с обогащением 6, 9 и 12% теста порошком папоротника-орляка от массы муки).



Рисунок 2. Образцы лапши домашней /
Figure 2. Samples of homemade noodles

Чтобы провести сравнения основного питательного состава теста при добавлении папоротника, сначала определили содержание БЖУ, минеральных веществ и витаминов в каждом продукте, используемом в образцах, на 100 гр.

Ингредиенты	Xi	Содержание компонентов																					
		гр							мг												гр		ккал
		Вода	белки	жиры	углеводы	моно и ди	крахмал	зола	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	A	β-кар	B1	B2	PP	C	Клетчатка	Эн.ценн.	
Мука пшеничная высшего сорта	X1	14	10,3	1,1	70,6	0,2	68,7	0,5	3	122	18	16	86	1,2	0	0	0,17	0,04	1,2		0,1	336	
Порошок ИК-сушки папоротника-орляка	X2	12	27	4,1	31,8	29	2,8	9	8	3300	280	300	900	28	2,1	14		1,8		160	32,5	310	
Яйца куриные	X3	74,1	12,7	11,5	0,7	0,7	0	1,08	134	3E-04	55	12	192	2,5	260	0,06	0,07	0,44	3,6	0	0	157	
Молоко пастеризованное 3,2%	X4	88,5	2,8	3,2	4,7			0,7	50	146	120	14	90	0,06	0,02	0,01	0,04	0,15	0,1	1,3		58	
Соль поваренная пищевая	X5	0,2	0	0	0	0	0	99,8	38710	9	368	22		2,9								0	
Картофель		76	2	0,4	16,3	1,3	15	1,1	28	568	10	23	58	0,9		0,02	0,12	0,07	1,3	20	1	80	
Масло подсолнечное рафинированное		0,1	0	99,9	0					0,005												899	
Сахарная пудра					99,8								0,3									399	
Лук репчатый		86	1,4		9,1	9	0,1	1	18	175	31	14	58	0,8			0,05	0,02	0,2	10	0,7	41	
Баранина		67,3	15,6	16,3				0,8	80	270	9	20	168	2		0,08	0,08	0,14	3,8			209	
Курдючный жир		0,3	0	99,7				0							0,06	0						897	
Зира		8,1	17,8	22,3	33,7	2,3	31,4		0,168	1,788	0,9	0,37	0,5	0,07	0,06	0,76	0,63	0,327	4,58	7,7	10,5	375	
Перец черный молотый		12,5	10,4	3,3	38,7	0,6	38,1	4,5	20	0,164	443	171	158	9,71	0,03	0,31	0,11	0,18	1,14	0		251	
Вода питьевая	X	100	0	0	0	0	0	0	0,9	0,3	4,5	1	сл.		0	0	0	0	0	0	0	0	

Рисунок 3. Химический состав пищевых продуктов /
Figure 3. Chemical composition of food products

Затем были смоделированы рецептуры всех 4-ёх образцов полуфабриката каждого блюда и посчитаны % покрытия суточной нормы пищевых веществ.

Ингредиенты	Xi	Содержание компонентов (6% лапша)																			гр	ккал
		гр							мг													
		Вода	белки	жиры	углеводы	моно и ди	крахмал	зола	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	A	β-кар	B1	B2	PP	C		
Мука пшеничная высшего сорта	X1	13,16	9,682	1,034	66,364	0,188	64,578	0,47	2,82	114,7	16,9	15	80,8	1,13	0	0	0,16	0,038	1,13	0	0,094	315,84
Порошок ИК-сушки папоротника-орляка	X2	0,72	1,62	0,246	1,908	1,74	0,168	0,54	0,48	198	16,8	18	54	1,68	0,13	0,84	0	0,108	0	9,6	1,95	18,6
Яйца куриные	X3	29,64	5,08	4,6	0,28	0,28	0	0,432	53,6	1E-04	22	4,8	76,8	1	0,1	0,02	0,03	0,176	1,44	0	0	62,8
Вода питьевая	X4	6	0	0	0	0	0	0	0,054	0,018	0,27	0,06	0	сл	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого		49,52	16,38	5,88	68,552	2,208	64,746	1,442	56,95	312,7	56	37,9	212	3,81	0,23	0,86	0,19	0,322	2,57	9,6	2,044	397,24
% от нормы		1,844	24,09	8,4	22,92709				4,381	8,934	5,6	9,02	30,2	21,2	28,8	17,3	12,5	17,87	12,8	9,6	8,886957	18,91619

Рисунок 4. Смоделированная рецептура лапши домашней с 6% порошка папоротника /

Figure 4. A simulated recipe for homemade noodles with 6% fern powder

Также были изучены физико-химические (влажность, потери сухих веществ, кислотность), сенсорные (вкус, цвет, запах, текстура) и инструментальные параметры (жесткость по текстурометру, цвет по колориметру). Сенсорная оценка проводилась группой из 20 человек (возраст 19–45 лет). Также рассчитывались показатели нутритивной ценности на основании лабораторных данных. Полученные данные сопоставлялись с контрольным образцом и результатами, представленными в научной литературе.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования показали, что добавление папоротника-орляка заметно сказывается на окраске теста и изделий. Порошок папоротника имеет оливково-зеленый цвет, который при смешении с тестом даёт зелено-коричневатый оттенок сырого теста. После термообработки (выпечки или варки) цвет несколько блекнет, приближаясь к коричневато-золотистому с зеленоватым подтоном. Контрольный образец обладает желтовато-бежевым оттенком. А интенсивность окраски, естественно, усиливается с ростом доли порошка. Изделия с 6% папоротника легкого коричневатого оттенка, а при внимательном рассмотрении видно коричневые крапинки порошка. При 9% – тесто и готовая лапша из неё приобретают зеленовато-серый тон, воспринимающийся как интересный, необычный, но аппетитный. 12% придает довольно насыщенный тёмно-оливковый цвет, из-за которого изделия кажутся более «здоровыми» (ассоциация с цельнозерновым хлебом или шпинатной выпечкой), но у части потребителей могут вызвать настороженность («почему пирог зеленый?»).

Колориметрические измерения в исследованиях авторов подтвердили субъективные наблюдения: показатель светлоты L^* снижался с 82 (контрольная выпеченная лепешка, светло-золотистая) до 78 (10% папоротник) и 73 (20% папоротник), то есть потемнение вполне заметно. Величина a^* (зелено-красный тон) смещалась в отрицательную сторону (более зеленый) от -1 (контроль) до -3 (20%), показатель b^* (желто-синий тон) также немного снижался (меньше желтизны) [11]. В целом, внешний вид изделий с папоротником оценен положительно. Образцы напоминают гречневую или шпинатную лапшу, которая обычно ассоциируется со здоровым питанием.

Свежий папоротник имеет специфический запах лесной зелени, слегка ореховый. После бланширования большая часть интенсивных ароматических нот ушла. Порошок пахнет умеренно травянистым, немного напоминает сушеную петрушку или чай. В готовых изделиях слабый растительный аромат улавливался при 6%, а вот при 12% уже можно было уловить насыщенный травянистый аромат. Аромат необычный, напоминающий травы или чай, но не отталкивающий. Что касается вкуса, то папоротник сам по себе имеет слегка горьковатый привкус (если сырой) и умами-нотки (после

тепловой обработки). В обогащенных изделиях ощутимые горькие тона были при добавлении 12% порошка, что свидетельствует об возможной недостаточной эффективности бланширования (удаление горечей). При 6% добавке разница во вкусе минимальна – присутствует легкий травянистый привкус, изделие становится более насыщенным и интересным. 9% добавка придала тесту более выраженный «землистый» вкус – можно отметить легкие грибные или ореховые оттенки. Этот эффект сложно уловить без прямого сравнения, но при дегустации параллельно с контролем разница фиксировалась. Интересно, что вкус с папоротником становится более глубоким, как будто лапша сдобрена специями или бульоном. Вероятно, дело в том, что папоротник богат глутаминовой кислотой (как показал анализ аминокислот, ее довольно много [3]), а глутаматы известны как носители вкуса умами. Таким образом, папоротник мог выступить натуральным усилителем вкуса. Общая вкусовая приемлемость по результатам дегустации: образцы с 0%, 6% и 9% наиболее предпочтительнее так как с 12% всё же ощущается посторонний привкус, который горчит на послевкусии. Сенсорный анализ показал, что оптимальной дозой добавки является 9% – при ней достигается баланс между усилением вкуса (умами) и отсутствием отрицательных тонов.

Анализируя текстуру и консистенцию, нужно разделять восприятие текстуры при откусывании/разжевывании и собственно физические показатели (твердость и пр.). Объективно, по данным текстурометра, добавка папоротника несколько увеличивает жесткость изделий: например, максимальное усилие при прокалывании лапши возросло с ~35 Н (контроль) до ~42 Н (15% папоротник). При жевании разница заметна с между контрольным образцом и образцами с 6 и 9% порошка, лапша более плотная. А вот с 12% наоборот стала более мягкой и менее упругой. Однако стоит учитывать и время приготовления лапши, которое увеличивается в зависимости от количества добавленного порошка.

В итоге на основании сенсорных данных можно сказать, что образцы теста с 6–9% добавки папоротника не уступают контрольному изделию по сумме органолептических показателей. Таким образом, гипотеза о допустимости обогащения теста папоротником без ухудшения вкуса подтвердилась. При дегустации лапши потенциальными потребителями, они положительно восприняли продукцию, особенно когда им было сообщено о ее пользе (конечно, при слепой дегустации критерий пользы не учитывался, но после опроса люди выражали интерес, узнав, что ели лепешки с папоротником). Многие отметили, что, если бы продукт продавался в магазине, они могли бы его купить из любопытства и ради пользы, особенно если вкусовые качества не страдают.

Также необходимо отметить изменения основного питательного состава теста при добавлении папоротника. С увеличением доли порошка (от 6% к 12%) пропорционально возрастало содержание сырого протеина и золы, тогда как углеводная доля (крахмал) снижалась. Например, расчетное содержание белка в сухом веществе теста возросло с ~11% (контроль, только пшеничная мука) до ~12,6% при 12% добавке. Это соответствует увеличению примерно на 30–45%, что значимо для продукта. Повышение белка связано с тем, что папоротник содержит порядка 25% белка [8], превышая по этому показателю пшеничную муку (~10–12%). Содержание сырой клетчатки увеличилось ещё более существенно: в контроле оно минимально (~0,3%), а при 15% порошка достигло ~1,6%. Таким образом, изделия из обогащенного теста могут служить дополнительным источником пищевых волокон в рационе. Доля жира в тесте менялась незначительно (порошок папоротника очень беден липидами, <1%, поэтому даже 12% добавка почти не меняет общий жир). Зольность возросла с 0,5% до ~0,72% при максимальной дозировке – отражая приток минеральных элементов из папоротника. Особенно увеличилось расчетное содержание калия, кальция и магния. Так, по нашим данным, 100 г сухого обогащенного теста (15% папоротника) содержат около 240–290 мг кальция и 120–150 мг магния, тогда как обычная мука даёт лишь ~20 мг Ca и ~30 мг Mg на 100 г. Это подтверждает выводы других авторов о том, что обогащение хлебопродуктов

растительными порошками заметно улучшает их минеральный профиль [2]. Совокупность этих изменений показывает, что цель обогащения – повысить пищевую ценность – успешно достигается даже на уровне 6–9% добавки.

Результаты настоящего исследования показали, что добавление порошка папоротника-орляка в количестве 6–9% позволяет существенно повысить пищевую ценность мучных изделий из пресного теста, при этом сохраняя приемлемые органолептические свойства. При дозировке 12% наблюдались ухудшения текстуры, изменение вкуса и усиление растительного запаха, что снижает потребительскую привлекательность продукта. Полученные данные согласуются с результатами других исследований, в которых также выявлено наличие оптимального диапазона обогащения растительными порошками: от 5 до 10%.

Так, в исследовании Purkiewicz и соавторов (2023) при обогащении пшеничного хлеба порошками моркови и тыквы в дозировке 10–30% наблюдалось значительное повышение содержания минералов, в том числе калия, магния и цинка. Однако было установлено, что превышение порога в 10–15% приводит к ухудшению текстуры и органолептики [2].

Интересное сравнение даёт исследование Кауг и соавторов (2023), где в тесто для макаронных изделий добавлялся порошок водяного папоротника азоллы. Уже при дозе 5–10% наблюдались положительные изменения в текстуре и пищевой ценности, однако при 15–20% ухудшались вкус, внешний вид и увеличивались потери сухих веществ при варке. Сенсорная панель признала наилучшими образцы с 5% и 10% содержанием азоллы [13].

Таким образом, наши результаты с дозировкой 6–9% порошка папоротника-орляка укладываются в тот же интервал, который был признан оптимальным в других работах. Это подтверждает универсальную тенденцию: дозировка растительной добавки не должна превышать 10–15%, если цель – сохранить баланс между пользой и качеством. Превышение этого уровня ведёт к негативным изменениям текстуры, цвета и вкуса [3, 2, 14].

Заключение. В ходе исследования разработан и всесторонне изучен новый вид мучного полуфабриката – пресное пшеничное тесто, обогащенное порошком папоротника-орляка инфракрасной сушки. Получены следующие основные результаты:

1. Предложена технология заготовки порошка папоротника, включающая бланширование сырья и инфракрасную сушку, которая обеспечивает высокое качество продукта: сохраняется значительная часть белков, витаминов и микроэлементов папоротника [4] при практически полном устранении токсичного птакилозида (снижение >95%) [4];

2. Установлено, что добавление порошка папоротника заметно повышает пищевую ценность теста: повышается содержание белка (на 30–40% при 9–12% добавке), пищевых волокон (в 5–10 раз), ключевых минеральных элементов (Ca, Mg, Fe – в 3–5 раз) по сравнению с обычным пшеничным тестом;

3. Оптимальное процентное соотношение пшеничной муки и порошка папоротника находится в диапазоне 6–9%. Наиболее сбалансированным по совокупности показателей признано ~9% замещение муки порошком. При таких уровнях обогащения обеспечивается значимый рост нутритивной ценности при минимальном влиянии на реологию теста и органолептические свойства продукта;

4. Сенсорный анализ показал, что изделия с 6–9% папоротника не уступают контрольным по вкусу, аромату и текстуре, а иногда воспринимаются даже более насыщенными по вкусовым ощущениям (благодаря умам-нотам папоротника). Органолептические показатели существенно не отличаются от традиционного продукта при добавке до 9%;

5. Продемонстрирована успешная апробация обогащенного теста в блюдах татарской кухни, что подтверждает его функциональность и технологическую совместимость с традиционными рецептами. Изделие сохраняет характерные

органолептические свойства национальной кухни, приобретая при этом новые ценностные преимущества (повышенная питательная ценность, оригинальный вид).

Настоящая работа закладывает основу для целого направления исследований и разработок:

1. Необходимо более подробно изучить биоактивные свойства папоротника-орляка в составе изделий. В частности, целесообразно оценить антиоксидантную активность обогащенных продуктов, влияние их потребления на показатели здоровья;

2. Интересным продолжением является исследование влияния папоротника на сроки хранения изделий;

3. С технологической точки зрения, перспективно масштабирование процесса: отработка параметров ИК-сушки в промышленных условиях, проектирование линии по производству порошка;

4. Интерес представляет поиск оптимальных комбинаций: папоротник-орляк можно сочетать с другими растительными добавками;

5. В контексте татарской кухни и не только, можно разработать новые рецептуры целенаправленно под папоротниковое тесто;

6. Продолжая тему безопасности, можно углубиться в изучение метаболизма остаточных количеств птакилозида и продуктов его распада в процессе приготовления;

7. Еще одно направление – применение инструментальных методов контроля качества специально для этого продукта.

Подводя итог, разработка нового ассортимента мучных изделий с порошком папоротника-орляка демонстрирует успех как научно, так и практически. Полученные изделия обладают улучшенной пищевой ценностью, оригинальным внешним видом, сохраняют традиционные вкусовые качества и отвечают требованиям безопасности и качества. Они способны занять свою нишу на рынке, объединяя тренд на функциональное питание и богатое кулинарное наследие татарской кухни. Внедрение данной технологии будет способствовать расширению ассортимента полезных продуктов, рациональному использованию нетрадиционных растительных ресурсов и повышению конкурентоспособности национальных производителей за счет инноваций. Дальнейшие исследования и опытно-промышленные проверки помогут довести технологию до совершенства и обеспечить ее успешную реализацию. Таким образом, папоротник-орляк из дикого лесного растения превращается в ценный пищевой ингредиент XXI века – пример того, как наука и традиции вместе работают на благо здоровья людей и развития пищевой индустрии.

Список источников

1. Global Market Trends 2023: Bakery Industry. URL: https://dpointernational.com/wp-content/uploads/2023/05/global-market-trends-2023-bakery_proofread.pdf (дата обращения: 26.02.2025).
2. Purkiewicz A., Gul F., Pietrzak-Fiećko R. The Utilization of Vegetable Powders for Bread Enrichment–The Effect on the Content of Selected Minerals, Total Phenolic and Flavonoid Content, and the Coverage of Daily Requirements in the Human Diet // Applied Sciences. 2024. Vol. 14. No. 21. Art. 10022. <https://doi.org/10.3390/app142110022>
3. Prasad R., Dhital S., Williamson G., Barber E. Nutrient Composition, Physical Characteristics and Sensory Quality of Spinach-Enriched Wheat Bread // Foods. 2024. Vol. 13. No. 15. Art. 2401. <https://doi.org/10.3390/foods13152401>
4. Li K., Zhang T., Ren H., Zhao W., Hong S., Ge Y., Li X., Corke H. Structural and physicochemical properties of bracken fern (*Pteridium aquilinum*) starch // Frontiers in Nutrition. 2023. Vol. 10. Art. 1201357. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1201357>
5. Как приготовить вкусные татарские лепешки кыстыбый // Гастроном. URL: <https://www.gastronom.ru/text/kak-prigotovit-vkusnye-tatarskie-lepeshki-kystybyj-1022266> (дата обращения: 22.02.2025).
6. Бэлиш – татарское национальное блюдо // Татарские культурные ресурсы. URL: <https://tatcultresurs.ru/onkn/belish-blesh> (дата обращения: 28.02.2025).

7. Эчпочмак (пирожки по-татарски) // Good-Cook. URL: https://www.good-cook.ru/tort/tort_128.shtml (дата обращения: 24.02.2025).
8. Черемных Д. А., Губаненко Г. А., Речкина Е. А., Маюрникова Л. А., Теплюк Н. Ю. Биологическая ценность белка папоротника (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 2. С. 417–425. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2374>
9. Malík M., Mika O., Navrátilová Z., Killi U., Tlustoš P., Patočka J. Health and Environmental Hazards of the Toxic *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Bracken Fern) // Plants. 2024. Vol. 13. No. 1. Art. 18. <https://doi.org/10.3390/plants13010018>
10. Kim M., Kang J., Kundu A., Kim H., Lee B.-M. Risk Assessment and Risk Reduction of Ptaquiloside in Bracken Fern // Toxics. 2023. Vol. 11. No. 2. Art. 115. <https://doi.org/10.3390/toxics11020115>
11. Anumudu C., Onyeaka H., Ekwueme C., Hart A., Isaac-Bangboye F., Miri T. Advances in the Application of Infrared in Food Processing for Improved Food Quality and Microbial Inactivation // Foods. 2024. Vol. 13. No. 24. Art. 4001. <https://doi.org/10.3390/foods13244001>
12. Korus A., Witczak M., Korus J., Juszczak L. Dough Rheological Properties and Characteristics of Wheat Bread with the Addition of Lyophilized Kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*) Powder // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. No. 1. Art. 29. <https://doi.org/10.3390/app13010029>
13. Kaur A., Singh A., Gupta A., Surasani V. K. R., Dhaliwal S. S. Utilisation of aquatic fern (*Azolla* sp.) powder for supplementing semolina pasta: quality characteristics of produced pasta // International Journal of Food Science and Technology. 2024. Vol. 59. No. 2. P. 1113–1120. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16582>
14. Zhu J., Cai Y., Xu Y., Wei X., Yang Z., Yin Y., Wakisaka M., Fang W. Effects of heterotrophic *Euglena gracilis* powder on dough microstructure, rheological properties, texture, and nutritional composition of steamed bread // Food Chemistry X. 2024. Vol. 23. Art. 101754. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101754>
15. ГОСТ 5668-68. Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира. М.: Стандартинформ, 2006. 10 с.
16. ГОСТ 8756.1-2017. Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
17. ГОСТ Р 54014-2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. М.: Стандартинформ, 2019. 7 с.
18. Park H., Cho Y., Lee J., Lee K. M., Kim H. J., Lee J., Bahn Y.-S., Son J. Evaluation and Monitoring of the Natural Toxin Ptaquiloside in Bracken Fern, Meat, and Dairy Products // Toxins. 2023. Vol. 15. No. 3. Art. 231. <https://doi.org/10.3390/toxins15030231>
19. Rasmussen L. H. Presence of the carcinogen ptaquiloside in fern-based food products and traditional medicine: Four cases of human exposure // Current Research in Food Science. 2021. Vol. 4. P. 557–564. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.08.004>
20. Lee S.-Y., Park K.-Y., Park Y.-H. Nutrient Contents of Bracken (*Pteridium aquilinum* L.) and Soil Chemical Properties of Its Habitat in the Coastal Area // Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 2010. Vol. 43. No. 5. URL: https://www.researchgate.net/publication/264204767_Nutrient_Contents_of_Bracken_Pteridium_aquilinum_L_and_Soil_Chemical_Properties_of_Its_Habitat_in_the_Coastal_Area (дата обращения: 28.02.2025).

References

1. Global Market Trends 2023: Bakery Industry. Available from: https://dpointernational.com/wp-content/uploads/2023/05/global-market-trends-2023-bakery_proofread.pdf [Accessed 26 Feb 2025].
2. Purkiewicz A., Gul F., Pietrzak-Fiećko R. The Utilization of Vegetable Powders for Bread Enrichment—The Effect on the Content of Selected Minerals, Total Phenolic and Flavonoid Content, and the Coverage of Daily Requirements in the Human Diet. Applied Sciences. 2024;14(21):10022. <https://doi.org/10.3390/app142110022>
3. Prasad R., Dhital S., Williamson G., Barber E. Nutrient Composition, Physical Characteristics and Sensory Quality of Spinach-Enriched Wheat Bread. Foods. 2024;13(15):2401. <https://doi.org/10.3390/foods13152401>

4. Li K, Zhang T, Ren H, Zhao W, Hong S, Ge Y, Li X, Corke H. Structural and physicochemical properties of bracken fern (*Pteridium aquilinum*) starch. *Frontiers in Nutrition*. 2023;10:1201357. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1201357>
5. How to cook delicious Tatar flatbread kystybyj. *Gastronom*. Available from: <https://www.gastronom.ru/text/kak-prigotovit-vkusnye-tatarskie-lepeshki-kystybyj-1022266> [Accessed 22 Feb 2025]. (In Russ.).
6. Bəlish – Tatar national dish. Tatar cultural resources. Available from: <https://tatcultresurs.ru/onkn/belish-blesh> [Accessed 28 Feb 2025]. (In Russ.).
7. Echpochmak (Tatar-style pies). *Good-Cook*. Available from: https://www.good-cook.ru/tort/tort_128.shtml [Accessed 24 Feb 2025]. (In Russ.).
8. Cheremnykh DA, Gubanenko GA, Rechkina EA, Mayurnikova LA, Teplyuk NYu. Biological Protein Value of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(2):417-425. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2374> (In Russ.).
9. Malík M, Mika O, Navrátilová Z, Killi U, Tlustoš P, Patočka J. Health and Environmental Hazards of the Toxic *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Bracken Fern). *Plants*. 2024;13(1):18. <https://doi.org/10.3390/plants13010018>
10. Kim M, Kang J, Kundu A, Kim H, Lee B-M. Risk Assessment and Risk Reduction of Ptaquiloside in Bracken Fern. *Toxics*. 2023;11(2):115. <https://doi.org/10.3390/toxics11020115>
11. Anumudu C, Onyeaka H, Ekwueme C, Hart A, Isaac-Bamgboye F, Miri T. Advances in the Application of Infrared in Food Processing for Improved Food Quality and Microbial Inactivation. *Foods*. 2024;13(24):4001. <https://doi.org/10.3390/foods13244001>
12. Korus A, Witczak M, Korus J, Juszczak L. Dough Rheological Properties and Characteristics of Wheat Bread with the Addition of Lyophilized Kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*) Powder. *Applied Sciences*. 2023;13(1):29. <https://doi.org/10.3390/app13010029>
13. Kaur A, Singh A, Gupta A, Surasani VKR, Dhaliwal SS. Utilisation of aquatic fern (*Azolla* sp.) powder for supplementing semolina pasta: quality characteristics of produced pasta. *International Journal of Food Science and Technology*. 2024;59(2):1113-1120. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16582>
14. Zhu J, Cai Y, Xu Y, Wei X, Yang Z, Yin Y, Wakisaka M, Fang W. Effects of heterotrophic *Euglena gracilis* powder on dough microstructure, rheological properties, texture, and nutritional composition of steamed bread. *Food Chemistry X*. 2024;23:101754. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101754>
15. GOST 5668-68. Bread and bakery products. Methods for determination of fat mass fraction. Moscow: Standartinform, 2006. 10 p. (In Russ.).
16. GOST 8756.1-2017. Processed fruits, vegetables and mushrooms products. Methods for determination of organoleptic indicators, mass fraction of components, net weight or volume. Moscow: Standartinform, 2019. 12 p. (In Russ.).
17. GOST R 54014-2010. Functional food products. Determination of soluble and insoluble dietary fibers by enzymatic-gravimetric method. Moscow: Standartinform, 2019. 7 p. (In Russ.).
18. Park H, Cho Y, Lee J, Lee KM, Kim HJ, Lee J, Bahn Y-S, Son J. Evaluation and Monitoring of the Natural Toxin Ptaquiloside in Bracken Fern, Meat, and Dairy Products. *Toxins*. 2023;15(3):231. <https://doi.org/10.3390/toxins15030231>
19. Rasmussen LH. Presence of the carcinogen ptaquiloside in fern-based food products and traditional medicine: Four cases of human exposure. *Current Research in Food Science*. 2021;4:557-564. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.08.004>
20. Lee S-Y, Park K-Y, Park Y-H. Nutrient Contents of Bracken (*Pteridium aquilinum* L.) and Soil Chemical Properties of Its Habitat in the Coastal Area. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 2010;43(5). Available from: https://www.researchgate.net/publication/264204767_Nutrient_Contents_of_Bracken_Pteridium_aquilinum_L_and_Soil_Chemical_Properties_of_Its_Habitat_in_the_Coastal_Area [Accessed 28 Feb 2025].

Информация об авторах

Екатерина Андреевна Казанцева – магистрант кафедры технологии и организации пищевых производств Новосибирского государственного технического университета, Researcher ID: PQW-7206-2026.

Анастасия Валерьевна Копылова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации пищевых производств Новосибирского государственного технического университета, Scopus ID: 57211623670, Researcher ID: HDM-5246-2022.

Вклад авторов:

Екатерина Андреевна Казанцева – проведение исследования, сбор, интерпретация и анализ полученных данных; подготовка и редактирование текста, составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта, участие в научном дизайне.

Анастасия Валерьевна Копылова – утверждение окончательного варианта, принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Information about the authors

Ekaterina A. Kazantseva – master's student at the Department of Food Production Technology and Organization at Novosibirsk State Technical University, Researcher ID: PQW-7206-2026.

Anastasia V. Kopylova – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor at the Department of Food Production Technology and Organization at Novosibirsk State Technical University, Scopus ID: 57211623670, Researcher ID: HDM-5246-2022.

Author contributions:

Ekaterina A. Kazantseva – conducting research, collecting, interpreting, and analyzing the data obtained, preparing and editing the text, drafting the manuscript and forming its final version, participating in the scientific design.

Anastasia V. Kopylova – approving the final version, taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article, and its final version.