УДК 663.479.1

Поликомпонентная пищевая добавка на основе пажитника сенного

Курочкин А.А., Симаков Д.Г.

Аннотация. В работе систематизирована информация о высоком потенциале использования семян пажитника сенного (Trigonella foenum-graecum L.) в качестве функциональной добавки для пищевой отрасли. На основе анализа ранее выполненных исследований приведены аргументы в пользу технологического решения, при котором полезные ингредиенты пажитника сенного применяются в составе поликомпонентной добавки, получаемой путем термовакуумной экструзии смеси семян пажитника с зерном пшеницы. Представлен экспериментальный материал по результатам изучения отдельных характеристик пажитника как рецептурного компонента. Обоснованы технологические режимы работы термовакуумного экструдера для получения пищевой добавки с рациональными физико-химическими и функционально-технологическими свойствами. Установлено, что экструзионная обработка исходного сырья существенно улучшает функционально-технологические свойства получаемой добавки: водопоглотительная способность увеличивается на 41%, жиропоглотительная – на 38,5%, набухаемость – на 50%, растворимость – на 75% по сравнению с неэкструдированной смесью.

Ключевые слова: пищевые продукты, пажитник сенной, семена, пшеница, функциональные свойства, галактоманнан, термовакуумная экструзия, хлебобулочные изделия.

Для цитирования: Курочкин А.А., Симаков Д.Г. Поликомпонентная пищевая добавка на основе пажитника сенного // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 4. С. 45–50.

A multi-component food supplement based on fenugreek

Kurochkin A.A., Simakov D.G.

Abstract. The paper systematizes information about the high potential of using fenugreek seeds (Trigonella foenum-graecum L.) as a functional additive for the food industry. Based on an analysis of previously conducted studies, arguments are presented in favor of a technological solution in which the beneficial ingredients of fenugreek are used as part of a multicomponent additive obtained by thermovacuum extrusion of a mixture of fenugreek seeds and wheat grain. Experimental material is presented based on the results of studying certain characteristics of fenugreek as a recipe component. The technological operating modes of the thermovacuum extruder for producing a food additive with rational physicochemical and functional-technological properties have been substantiated. It has been established that extrusion processing of the raw material significantly improves the functional-technological properties of the resulting additive: water absorption capacity increases by 41%, fat absorption capacity by 38,5%, swelling capacity by 50%, and solubility by 75% compared to the non-extruded mixture.

Keywords: food products, fenugreek, seeds, wheat, functional properties, galactomannan, thermovacuum extrusion, bakery products.

For citation: Kurochkin A.A., Simakov D.G. A multi-component food supplement based on fenugreek. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 4. pp. 45–50. (In Russ.).

Введение

Расширение ассортимента продуктов питания за счет применения нетрадиционных видов растительного сырья является одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности, отвечающим современным требованиям к здоровому питанию [1, 7, 16]. В этом контексте значительный интерес представляет пажитник сенной (Trigonella foenum-graecum L.) – однолетнее растение семейства бобовых, семена которого традиционно используются как пряность в кулинарии народов Ближнего Востока, Азии и Северной Африки и обладают подтвержденными функциональными свойствами [10, 12].

С позиций современных воззрений здорового питания пажитник примечателен уникальным химическим составом. Его семена пажитника содержат 23% белка, 6,4% липидов и 58,4% углеводов при энергетической ценности 323 ккал/100 г [3, 8]. При этом к одной из уникальных особенностей химического состава семян относится высокое содержание растворимой клетчатки – галактоманнана (25-30% от массы семян), обладающего способностью образовывать гели высокой вязкости и замедлять переваривание крахмала, что способствует снижению гликемического индекса продуктов [9, 10]. Кроме того, семена пажитника богаты железом (до 33 мг/100 г), магнием (191 мг/100 г), кальцием, фосфором и другими минеральными веществами [2, 9]. Биологически активные компоненты пажитника включают сапонины, алкалоиды (тригонеллин), флавоноиды, фенольные соединения и витамины группы В [4, 11].

Многочисленные исследования подтверждают эффективность применения пажитника в хлебопечении. Установлено, что внесение порошка семян пажитника в пшеничный хлеб в количестве до 7,5% позволяет повысить содержание белка и клетчатки, обогатить продукт фенольными соединениями и улучшить аминокислотный профиль, особенно по аргинину и лизину, при сохранении приемлемых органолептических показателей [5, 13]. Работы с использованием пажитниковой камеди (галактоманнана) показали, что ее добавление в хлеб в количестве 5-10% обеспечивает объем и текстуру, сопоставимые с контрольным образцом, а экструзионная модификация камеди дополнительно повышает ее растворимость и водосвязывающую способность [14, 15]. Исследования последних лет демонстрируют гипогликемический эффект хлеба с добавлением пажитника у пациентов с сахарным диабетом 2 типа [16]. Наличие галактоманнана дает основание для использования семян пажитника в рецептуре безглютенового хлеба в качестве структурообразователя. Кроме пшеничного хлеба имеются данные об использовании семян пажитника в рецептурах печенья, маффинов, бисквитов и других пищевых продуктах [4, 6, 16].

Несмотря на очевидные преимущества, широкое применение пажитника в пищевой промышленности ограничено рядом факторов: выраженным специфическим ароматом и горьковатым вкусом, высокой гигроскопичностью в измельченном виде, склонностью к образованию вязких растворов при контакте с водой, что затрудняет технологическую обработку [8, 12]. Традиционные способы введения пажитника (в виде цельных или измельченных семян, порошка) не позволяют в полной мере реализовать его функциональный потенциал и ограничивают рациональные с этой точки зрения дозировки.

Экструзионная обработка растительного сырья представляет собой перспективный метод направленной модификации функционально-технологических свойств ингредиентов. При этом ее термовакуумная разновидность, сочетающая термическое, механическое и вакуумное воздействие, обеспечивает структурные изменения биополимеров, снижение антинутриционных факторов и улучшение потребительских характеристик готового продукта [7]. Комбинирование пажитника с зерном пшеницы в процессе термовакуумной экструзии позволит создать поликомпонентную добавку со сбалансированным составом и улучшенными технологическими свойствами.

Целью данной работы является обоснование и разработка перспективных технологических решений в производстве композитной пищевой добавки на основе пажитника сенного для последующего использования в рецептурах пищевых продуктов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись: семена пажитника сенного (Trigonella foenum-graecum L.), закупленные у сертифицированного поставщика; зерно пшеницы мягкой продовольственной (влажность 14%, соответствие ГОСТ 9353-2016); поликомпонентная пищевая добавка, полученная методом термовакуумной экструзии.

Результаты и их обсуждение

Известно, что обогащение пищевых продуктов ингредиентами из семян бобовых культур может осуществляться путем введения их в рецептуру в виде муки, пасты, экстрактов или экструдатов [5]. При этом экструзионный способ обработки представляется наиболее предпочтительным в силу своей универсальности и способности направленно модифицировать функционально-технологические свойства сырья за счет денатурации белков, клейстеризации крахмала и структурных изменений полисахаридов [10].

Известно, что при разработке технологии поликомпонентной добавки на основе пажитника необходимо учитывать его высокую влагоудерживающую способность, обусловленную наличием галактоманнана. Например, в ранее выполненных исследованиях показано, что добавление пажитни-

Таблица 1 – Химический состав исходного сырья

Показатель	Семена пажитника	Зерно пшеницы
Влажность, %	12,2 ± 0,3	14,0 ± 0,2
Белок, %	22,8 ± 0,5	12,5 ± 0,3
Жир, %	6,2 ± 0,2	1,8 ± 0,1
Зола, %	3,1 ± 0,1	1,6 ± 0,1
Пищевые волокна, %	28,5 ± 0,7	2,3 ± 0,1
Крахмал, %	45,2 ± 0,8	68,4 ± 1,2

Таблица 2 – Влияние параметров экструзии на свойства добавки

Температура, °С	Время, с	Влажность, %	ВПС, г/г	ЖПС, г/г	Органолептическая оценка, баллы
95	5	12,5 ± 0,3	4,2 ± 0,2	2,8 ± 0,1	3,8 ± 0,2
100	5	9,5 ± 0,2	5,2 ± 0,2	3,4 ± 0,1	4,3 ± 0,1
105	10	8,7 ± 0,2	5,5 ± 0,2	3,6 ± 0,1	4,2 ± 0,2
110	10	7,2 ± 0,2	5,8 ± 0,3	3,8 ± 0,1	3,9 ± 0,2
120	15	6,5 ± 0,2	6,1 ± 0,3	4,0 ± 0,2	3,5 ± 0,3

Таблица 3 – Функционально-технологические свойства

Показатель	Смесь до экструзии	Смесь после экструзии	Изменение, %
Влажность, %	19,8 ± 0,2	8,7 ± 0,2	-56,1
ВПС, г/г	3,9 ± 0,2	5,5 ± 0,2	41
ЖПС, г/г	2,6 ± 0,1	3,6 ± 0,1	38,5
Набухаемость, мл/г	5,2 ± 0,2	7,8 ± 0,3	50
Растворимость, %	18,5 ± 0,8	32,4 ± 1,2	75,1

ковой камеди к пшеничной муке приводит к увеличению водопоглотительной способности теста, причем экструдированная камедь вызывает еще большее увеличение водопоглощения по сравнению с нативной формой. При этом гидратационные свойства камеди, такие как диспергируемость в воде, растворимость в воде, вязкость при гидратации в воде и скорость водопоглощения, значительно улучшились после экструзионной обработки. Авторы исследований сделали вывод, что экструзионная обработка камеди пажитника может привести к некоторым изменениям в структуре и функциональных группах, включая разрушение клеточных стенок и разворачивание молекул полисахаридов. Это в свою очередь способствует к обнажению функциональных групп, таких как гидрофильные группы, изнутри, тем самым улучшая гидратационные свойства экструдатов. С другой стороны, процесс экструзии существенно снизить неприятный привкус, присущий исходной камеди пажитника. Таким образом, по мнению авторов исследований, это обстоятельство необходимо учитывать при расчете рецептур хлебобулочных изделий с использованием предлагаемой добавки [15].

На наш взгляд, для получения поликомпонентной пищевой добавки целесообразно использовать семена пажитника в сочетании с зерном пшеницы, выполняющим роль наполнителя с высоким содержанием крахмала. Пшеничное зерно выступает матрицей, обеспечивающей структурную целостность экструдата и смягчающей органолептические характеристики пажитника. Опыт получения экструдатов на основе растительного сырья показывает, что термовакуумная экструзия позволяет эффективно снижать влажность обрабатываемой смеси и получать готовый продукт с влажностью 8-10%, не требующий дополнительного досушивания [5, 10].

Выбор соотношения компонентов основан на предварительных экспериментах и литературных данных. Предполагается, что соотношение пажитник: пшеница = 1:4 (20% пажитника) обеспечит баланс между функциональной ценностью добавки и ее технологическими свойствами. При содержании пажитника выше 25% наблюдается увеличение вязкости тестообразной массы, ухудшение реологических характеристик и усиление горечи. При содержании ниже 20% функциональный эффект становится недостаточным для достижения заявленных преимуществ [16]. Химический состав исследованных образцов исходного сырья представлен в таблице 1.

Оптимизация параметров экструзионной обработки осуществлялась следующим образом. Семена пажитника влажностью 12 % смешивали с зерном пшеницы влажностью 14% в соотношении 1:4. Для получения влажности экструдируемой смеси 20% к 1 кг пажитника добавляли 4 кг зерна пшеницы и 0,4 кг (400 мл) воды. Полученную смесь выдерживали в смесителе в течение 1,0-1,5 часов для равномерного распределения влаги (кондиционирование), после чего подвергали обработке в термовакуумном экструдере. На выходящий из

фильеры экструдат воздействовали пониженным давлением 0,07-0,08 МПа для интенсивного вспучивания и достижения целевой влажности 8-10%. Экструдат разрезали на частицы размером 3-5 мм ножом-гранулятором.

Для определения оптимальных параметров экструзии были проведены серии экспериментов с варьированием температуры (95-120°С) и времени пребывания в зоне экструзии (5-15 секунд). Органолептическая оценка полученных образцов экструдатов выполнена сотрудниками кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» на основе 5-ти балльной шкалы (табл. 2).

Рациональными параметрами оказались: температура 100-110°С, время пребывания 5-10 секунд. При этих условиях достигается баланс между степенью модификации биополимеров и сохранением биологически активных соединений. Повышение температуры свыше 120°С приводит к чрезмерной деструкции компонентов, появлению привкуса подгорелости и снижению органолептической оценки.

Сравнительная характеристика функциональных свойств исходного сырья и полученной добавки представлена в таблице 3.

Экструзионная обработка обрабатываемого сырья привела к существенному изменению функциональных свойств полученных экструдатов: водопоглотительная и жиропоглотительная способности увеличились на 38,5-41%, набухаемость – на 50%, растворимость – на 75,1%. Эти изменения объясняются в первую очередь, структурной модификацией галактоманнана и крахмала, а также увеличением площади поверхности экструдата за счет развитой пористой структуры.

Выводы

Разработана технология получения поликомпонентной пищевой добавки на основе пажитника сенного и зерна пшеницы методом термовакуумной экструзии. Оптимальные параметры процесса: соотношение компонентов 1:4 (пажитник : пшеница), температура 100-110°С, время пребывания 5-10 секунд, вакуум 0,07-0,08 МПа.

Установлено, что экструзионная обработка существенно улучшает функционально-технологические свойства добавки: водопоглотительная способность увеличивается на 41%, жиропоглотительная — на 38,5%, набухаемость — на 50%, растворимость — на 75% по сравнению с неэкструдированной смесью.

Литература

[1] Альхамова, Г.К. Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, чёрного тмина и стевиозида / Г.К. Альхамова, Н.В. Андросова, Е.А. Акулова, В.И. Боган // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. Т.6. №4. 2018. 34-41.

[2] Бакуменко, О.Е. Исследование влияния порошка из семян пажитника на показатели качества ржано-пшеничного хлеба /О. Е. Бакуменко, Е. В. Алексеенко, Э. И. Некрасова, О. Д. Гильмиярова // Пищевая промышленность. 2022. № 2. С. 12-15.

[3] Березовикова, И.П. Использование семян пажитника и льна в качестве структурообразователей мякиша в безглютеновых хлебобулочных изделиях / И.П. Березовикова, О.Д. Варнавская, Е.Л. Зырянова, Е.А. Коротеева, Л.Б. Ратникова, В.Е. Шомко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. №2 (143). 2019. 161-168.

[4] Гарькина, П.К. Использование пажитника в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов /П.К. Гарькина, Е.С. Селиванов // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 19-23.

References

[1] Alkhamova, G.K. Special-purpose bakery products using fenugreek seeds, black cumin, and stevioside / G.K. Alkhamova, N.V. Androsova, E.A. Akulova, V.I. Bogan // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. Vol. 6. No. 4. 2018. 34-41.

[2] Bakumenko, O. E. Study of the effect of fenugreek seed powder on the quality indicators of rye-wheat bread / O. E. Bakumenko, E. V. Alekseenko, E. I. Nekrasova, O. D. Gilmiyarova // Food Industry. 2022. No. 2. Pp. 12-15.

[3] Berezovikova, I.P. The use of fenugreek and flax seeds as structure-forming agents in the crumb of gluten-free bakery products / I.P. Berezovikova, O.D. Varnavskaya, E.L. Zyryanova, E.A. Koroteeva, L.B. Ratnikova, V.E. Shomko // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. No. 2 (143). 2019. 161-168.

[4] Garkina, P.K. Using fenugreek as a source of functional food ingredients / P.K. Garkina, E.S. Selivanov // Innovative Equipment and Technology. 2023. Vol. 10. No. 1. Pp. 19-23.

[5] Garkina, P. K. Theoretical justification for the use of extruded raw materials in food product technologies / P. K. Garkina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: LLC «Scientific and Publishing Center Infra-M», 2025. 179 p.

[6] Kontareva, V.Y. Application of fenugreek as a

[5] Гарькина, П. К. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /П. К. Гарькина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова. 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2025. 179 с.

[6] Контарева, В.Ю. Применение пажитника в качестве функционального компонента в пищевых продуктах / В.Ю. Контарева // Инновационные подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 10 июня, 2022 г. / Под общ. ред. акад. РАН И.Ф. Горлова. Волгоград, 2022. С. 165-170.

[7] Крутяева Е.В. Применение порошка из семян пажитника сенного при производстве хлеба из муки пшеничной хлебопекарной // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. №4. С. 86-88.

[8] Матюшина, А.В. Общая характеристика семян пажитника и его полезные свойства в качестве функциональной добавки в продуктах питания / А.В. Матюшина, А.Д. Тошев // Вестник науки и образования. № 1 (132). 2023.

[9] Наймушина, Л.В. Разработка технологии хлеба из тритикале и соевой муки с семенами пажитника /Л.В. Наймушина, Г.А. Губаненко, И.Д. Зыкова, Т.С. Москвичева //Индустрия питания/Food Industry. 2025. Т. 10, № 4. С. 24-35.

[10] Научные основы экструзии пищевого сырья и отходов сельскохозяйственного производства /В. М. Зимняков, А. А. Курочкин, О. Н. Кухарев [и др.]. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. 351 с.

[11] Тедеева, Ф. Л. Обоснование выбора дозировки порошка семян пажитника в рецептурах хлебобулочных изделий /Ф. Л. Тедеева, О. Т. Ибрагимова, А. В. Дзахова // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 1(37). С. 252-255.

[12] Wani S.A., Kumar P. Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2018. Vol. 17. P. 97-106.

[13] Roy P., Uddin M., Anta J. A., Acharjee M. R., Haque M. M., Haque M. M. Adding fenugreek seed powder to wheat bread: improving protein quality, bioactivity, and consumer appeal // Journal of Food Processing and Preservation. 2025. Vol. 49. P. 1-12.

[14] Roberts K.T., Cui S.W., Chang Y.H., Ng P.K.W., Graham T. The influence of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum on bread // Food Hydrocolloids. 2012. Vol. 26. P. 350-358.

[15] Roberts K.T., Cui S.W., Chang Y.H., Ng P.K.W., Graham T. Physicochemical evaluation of functional component in food products / V.Y. Kontareva // Innovative approaches to the development of sustainable agricultural and food systems: proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, June 10, 2022 / Under the general editorship. akad. RAS I.F. Gorlov. Volgograd, 2022. Pp. 165-170.

[7] Krutyaeva E.V. The use of fenugreek seed powder in the production of bread from wheat bakery flour // Izvestiya of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 4. Pp. 86-88.

[8] Matyushina, A. V. General characteristics of fenugreek seeds and their beneficial properties as a functional additive in food products / A. V. Matyushina, A. D. Toshev // Bulletin of Science and Education. No. 1 (132). 2023.

[9] Naimushina, L. V. Development of bread technology using triticale and soy flour with fenugreek seeds / L. V. Naimushina, G. A. Gubanenko, I. D. Zykova, T. S. Moskvicheva // Food Industry. 2025. Vol. 10, No. 4. Pp. 24-35.

[10] Scientific Foundations of Extrusion of Food Raw Materials and Agricultural Production Wastes / V. M. Zimnyakov, A. A. Kurochkin, O. N. Kukharev [et al.]. Penza: Penza State Agrarian University, 2026. 351 p.

[11] Tedeeva, F. L. Justification for the choice of fenugreek seed powder dosage in bakery product formulations / F. L. Tedeeva, O. T. Ibragimova, A. V. Dzakhova // Problems of Agro-Industrial Complex Development in the Region. 2019. No. 1(37). Pp. 252-255.

[12] Vani S.A., Kumar P. Fenugreek: a review of nutraceutical properties and applications in various food products // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2018. Vol. 17. Pp. 97-106.

[13] Roy P., Uddin M., Anta J. A., Acharjee M. R., Haque M. M., Haque M. M. Adding fenugreek seed powder to wheat bread: improving protein quality, bioactivity, and consumer appeal // Journal of Food Processing and Preservation. 2025. Vol. 49. P. 1-12.

[14] Roberts K.T., Tsui S.V., Chang Y.H., Ng P.K.V., Graham T. The effect of fenugreek gum and extruded fenugreek gum on bread // Food Hydrocolloids. 2012. Vol. 26. pp. 350-358.

[15] Roberts K.T., Tsui S.V., Chang Y.H., Ng P.K.V., Graham T. Physico-chemical assessment of fenugreek gum and extruded fenugreek gum and their effect on starch breakdown in bread // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber. 2014. Vol. 4. pp. 176-183.

[16] Singh V., Kumar P. The effect of adding fenugreek seed powder on the quality characteristics of wheat bread // Journal of Food Science and Technology. 2023. Vol. 60. No. 2. Pp. 287-295.

fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum and effects on starch degradation in bread // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2014. Vol. 4. P. 176-183.

[16] Singh V., Kumar P. Effect of fenugreek seed powder incorporation on quality characteristics of wheat bread // Journal of Food Science and Technology. 2023. Vol. 60. No. 2. P. 287-295.

Сведения об авторах

Курочкин Анатолий Алексеевич
доктор технических наук
профессор кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11
Тел.: +7(927) 382-85-03
E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Симаков Данил Геннадьевич
аспирант кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11
Тел.: +7(937) 914-73-00
E-mail:

Information about the authors

Kurochkin Anatoly Alekseevich
D.Sc. in Technical Sciences
professor at the department of «Food productions»
Penza State Technological University
Phone: +7(927) 382-85-03
E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Simakov Danil Gennadievich
upostgraduate student of the department «Food productions»
Penza State Technological University
Phone: +7(937) 914-73-00
E-mail: