

УДК 025.4 : 664

Перспективы использования муки из зернобобовых культур: библиометрический обзор и визуализация научных исследований

Е. Н. Молчанова*, Д. Е. Яблочкин, А. Э. Гегер

**Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия;*

e-mail: molchanova@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0708-1694>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
09.04.2025;

получена
после доработки
06.06.2025;

принята
к публикации
17.06.2025

Ключевые слова:

R-Bibliometrix,
публикационная
активность,
тематическая карта,
анализ ключевых слов,
тематическая эволюция,
темы исследований,
характеристики

Зернобобовые являются важнейшими компонентами здорового рациона, обеспечивая организм человека необходимыми питательными веществами и оказывая положительное воздействие на здоровье. В ходе библиометрического анализа научной литературы, посвященной муке из зернобобовых культур, использовались базы данных Scopus и пакет программного обеспечения R-Bibliometrix, основанный на статистических методах обработки публикаций с возможностью визуализации результатов для выявления закономерностей. Экспоненциальный рост публикационной активности наблюдался с 2017 г., что связано с объявлением Ассамблеей ООН 2016 г. Международным годом зернобобовых и дальнейшим ростом сотрудничества между странами. Высокий процент международного соавторства подчеркивал участие различных стран в исследованиях свойств и технологии применения муки из зернобобовых; наибольший вклад внесли ученые из Китая, США и Индии. Основная тематика исследований связана с химическими методами анализа. Тематическая эволюция и кластеризация ключевых слов оценивались во временном интервале, в течение которого оставались значимыми тематические узлы, связанные с терминами "ферменты" и "ферментация". Развитие тематик визуализировано в виде тематических карт. Моторными являлись темы исследований, посвященные антиоксидантной активности, реологическим свойствам и изучению компонентов крахмала; базовыми и растущими – темы, связанные с процессами ферментации и разработкой технологии безглютеновых продуктов. Полученные результаты могут быть использованы отечественными учеными для оценки и планирования исследовательских работ в области изучения муки из зернобобовых в контексте мировых тенденций.

Для цитирования

Молчанова Е. Н. и др. Перспективы использования муки из зернобобовых культур: библиометрический обзор и визуализация научных исследований. Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 3. С. 414–428. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-3-414-428>.

Prospects for the use of flour from grain pulses: A bibliometric review and visualization of scientific research

Elena N. Molchanova*, Daniil E. Yablochkin, Alexey E. Geger

**ROSBIOTECH university, Moscow, Russia;*

e-mail: molchanova@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0708-1694>

Article info

Received
09.04.2025;

received
in revised
06.06.2025;

accepted
17.06.2025

Key words:

R-Bibliometrix,
publication activity,
thematic map,
keyword analysis,
thematic evolution,
research topics
characteristics

Abstract

Pulses are essential components of a healthy diet, providing the human body with basic nutrients and having a positive effect on health. In the course of a bibliometric analysis of the scientific literature on pulse flour, Scopus databases and the R-Bibliometrix software package have been used based on statistical methods of processing publications with the ability to visualize the results to identify patterns. Exponential growth of publication activity is being observed since 2017, which is associated with the declaration of 2016 as the International Year of Pulses by the UN General Assembly and further growth of cooperation between countries. A high percentage of international co-authorship emphasized the participation of various countries in research into the properties and technology of using pulse flour; the greatest contribution has been made by scientists from China, the USA and India. The main topics of research are related to chemical methods of analysis. Thematic evolution and clustering of keywords have been assessed in the time interval during which thematic nodes associated with the terms "enzymes" and "fermentation" remained significant. The development of topics is visualized in the form of thematic maps. The motor topics are those devoted to antioxidant activity, rheological properties, and the study of starch components; the basic and growing topics are those related to fermentation processes and the development of gluten-free product technology. The results obtained can be used by domestic scientists to assess and plan research in the field of studying flour from grain legumes in the context of global trends.

For citation

Molchanova, E. N. et al. 2025. Prospects for the use of flour from grain pulses: A bibliometric review and visualization of scientific research. *Vestnik of MSTU*, 28(3), pp. 414–428. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-3-414-428>.

Введение

Зернобобовые культуры являются источником белка, пищевых волокон, ряда витаминов группы В (прежде всего фолиевой кислоты), минералов (калия, магния, железа, цинка). Профиль незаменимых аминокислот более сбалансирован по сравнению с зерновыми культурами, а особенности углеводного состава, в том числе наличие резистентного крахмала, способствуют низкому гликемическому индексу. По данным Всемирной организации здравоохранения, зернобобовые (выращиваемые для получения сухого зерна) являются важнейшими компонентами ежедневного рациона. Потребление этих культур связано с уменьшением риска развития неинфекционных заболеваний и поддержанием здорового веса тела. Зернобобовые оказывают положительное воздействие на окружающую среду, доступны по цене и стабильны при хранении.

Во многих странах мира разработаны национальные рекомендации содействия здоровому образу жизни, основанные на глобальных решениях ФАО/ВОЗ и ООН, акцентирующих внимание на регулярном употреблении в пищу зернобобовых, а также проводятся мероприятия, направленные на изменение пищевых привычек населения (Молчанова и др., 2023). Эффективными способами увеличения потребления зернобобовых в ежедневном рационе является использование данных культур в виде муки для приготовления хлебобулочных и макаронных изделий и их применение в нетрадиционном качестве, например в виде сладостей (Молчанова и др., 2018). Новые виды муки с различным содержанием белка, полученные методом сухого фракционирования, открывают возможности целенаправленного использования фракций не только в мучных изделиях, но и в молочных и мясных альтернативах (Fernando, 2021).

Несмотря на питательные преимущества зернобобовых, из-за особенностей химического состава и отсутствия клейковинных белков технологические свойства бобовой муки не способствуют формированию хлебобулочных изделий хорошего качества. Термическая обработка полуфабрикатов во время выпечки оказывается не всегда эффективной для инактивации антипитательных факторов (ингибиторов протеолитических ферментов, фитиновой кислоты, танинов, сапонинов и др.) по сравнению с традиционной гидротермической обработкой. Известно, что данные факторы при высоких концентрациях могут резко снизить биодоступность многих питательных веществ и таким образом помешать их усвоению (Garrido-Galand et al., 2021). Поэтому активно продолжается изучение инновационных подходов к технологии обработки муки из зернобобовых культур для улучшения ее сенсорных и функциональных свойств и увеличения биодоступности элементов. Инновационные разработки актуальны также в связи с возросшим интересом населения к безглютеновой продукции.

В настоящее время библиометрический анализ рассматривается в качестве нового и востребованного подхода к исследованиям в различных научных областях. Современные программные инструменты значительно упростили и ускорили его применение, открывая новые возможности для анализа научной информации (Moral-Munoz et al., 2020; Szomszor et al., 2021; Eck van et al., 2009).

Использование в пакетных программах статистических методов для обработки публикаций обеспечивает объективный и надежный анализ взаимосвязей, позволяет отслеживать эволюцию исследований и определять новые тенденции. Возможности визуализации способствуют быстрому выявлению особенностей и закономерностей развития каких-либо явлений при применении больших объемов данных.

Библиометрический анализ в области пищевой промышленности представлен в ограниченном количестве и встречается только в зарубежных источниках. Публикации касаются различных аспектов, рассматриваются процессы хранения и биоконсервации (Anumudu et al., 2022; Stopar et al., 2022; Silva da et al., 2025), технологические решения при обработке сырья и готовых продуктов (Ribeiro et al., 2022; Silva et al., 2022; Biazatti et al., 2024; Olaoye et al., 2024; Maspeke et al., 2024), вопросы оценки качества (Lysova et al., 2025). Библиометрические исследования посвящены некоторым продуктам: псевдозерновым, орехам, маслу авокадо, спирулينه, заменителям мяса и др. (Akin et al., 2023; Sharma et al., 2024; Souza de et al., 2024; Mishra et al., 2024; Sendhil et al., 2024; Fernando et al., 2025; Petrescu-Mag et al., 2025), белковыми компонентам (Pacheco et al., 2024), а также малоизученным видам сырьевых ресурсов (Ochoa-Ocampo et al., 2025; Fernandes et al., 2024; Sganzerla et al., 2022; Costa et al., 2022; Melo de et al., 2021). Следует отметить, что работ, касающихся системного анализа исследований муки из зернобобовых, в научной литературе не выявлено.

Целью данной работы являлся комплексный библиометрический анализ научной литературы и визуализация тенденций исследований, посвященных изучению муки из семян зернобобовых культур.

Материалы и методы

В качестве источника публикаций использовали базу данных Scopus от Elsevier, характеризующуюся доступностью, разнообразием научных источников и цитирований, а также высокой репутацией в академическом

сообществе. Чтобы обеспечить качество и релевантность исследований, для поиска литературы применяли термины на английском языке, доминирующем в научных коммуникациях.

Термины были связаны с мукой из зернобобовых и включали названия основных видов (нут, маш, горох, чечевица, фасоль Черный глаз) и были объединены с помощью соответствующих булевых операторов с исключением термина "животн*", (("legume" OR "bean" OR "chickpea" OR "mung" OR "pea" OR "lentil" OR "black-eyed pea" OR "cowpea") "flour" NOT "animal"). Стратегия поиска предполагала требования к критериям публикаций: на начальном этапе были исключены письма, редакционные статьи, новости, комментарии и мнения, в дальнейшем для анализа использовалась только литература, обозначенная как "исследовательские статьи".

Для выполнения описательного библиометрического анализа и получения визуальных данных использован программный пакет инструмента R-Bibliometrix (<https://www.bibliometrix.org>, версия 3.4.4, <https://www.bibliometrix.org/home/>), который включает импорт данных, преобразование, анализ и научную визуализацию на основе оптимизации описательного статистического анализа элементов публикаций и отвечает основным требованиям библиометрии (Aria et al., 2017).

Данные извлечены и загружены в форматах CVS и BibTex 18 февраля 2025 г. Полученный файл в дальнейшем использовался для анализа документов за период с первого упоминания до 2025 г. Для анализа публикационной активности, выявления взаимосвязи между исследованиями в различных странах, а также визуального анализа ключевых слов и их эволюции рассматривались данные за 55 лет (1970–2025 гг.).

Результаты и обсуждение

Тенденции публикационной активности и цитирования

Изменение количества опубликованных статей с течением времени является фундаментальным библиометрическим показателем, отражающим ежегодные изменения публикационной активности и динамику интереса к данной исследовательской теме.

На начальном этапе рассматривались публикации на английском языке, связанные с исследованиями муки из зернобобовых. Первая публикация, в которой упоминалась мука из бобовых, была датирована 1844 г. и касалась обогащения рационов.

В ходе библиометрического поиска, начиная с первого упоминания о муке из зернобобовых культур, найдено 14 274 документа, включая 9 992 исследовательские статьи (70 %), 955 обзорных статей (6,69 %), 509 докладов на конференциях (3,56 %), 1 714 глав книг (12 %), 1 104 другие публикации (7,73 %).

После удаления дубликатов и исключения нерелевантной литературы окончательное количество полученных записей, используемых для анализа с помощью R-Bibliometrix, составило 9 104 (табл. 1). Статьи были написаны 32 630 учеными.

Таблица 1. Описательная статистика публикационной активности
Table 1. Descriptive statistics of publication activity

Основная информация о публикациях	
Период времени	1844–2025 гг.
Количество исследовательских статей в научных журналах	9 104,0
Количество публикаций в других источниках (журналах, книгах и т. д.)	729,0
Годовой темп роста количества публикаций, %	2,79
Средний возраст публикации, годы	13,1
Среднее количество цитирований на 1 публикацию	47,47
Количество ключевых слов	7 526,0
Основная информация об авторах	
Количество авторов	30 942,0
Количество авторов с одной статьей	22 641,0
Количество публикаций, созданных одним автором	661,0
Информация о сотрудничестве авторов	
Соавторство на 1 публикацию	4,71
Международное соавторство, %	29,38

Показатели темпа роста публикаций (на 2,8 %), среднее количество цитирований (более 47) свидетельствует о положительной динамике интереса к данной теме исследований. Высокий процент международного соавторства (29,4 %) подчеркивает возможность привлечения иностранных исследователей для работы над заданной тематикой.

В дальнейшем для анализа и визуализации рассматривались исследовательские статьи с 1970 г.; их общее количество составило 8 768 (96,3 % от количества всех статей). Изменение количества публикаций в течение этого времени отражено на рис. 1.

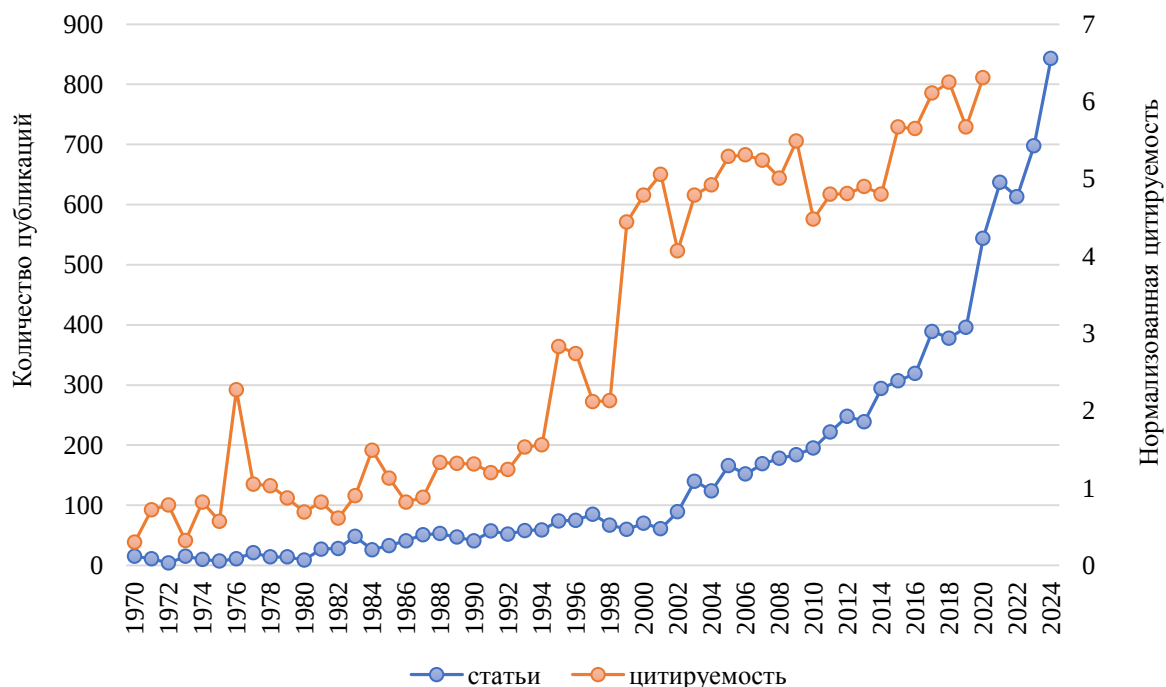


Рис. 1. Количество публикаций и нормализованная цитируемость
Fig. 1. Number of publications and normalized citations

Начальный этап (1970–2002 гг.) характеризуется ограниченным вниманием и относительно низкой публикационной активностью по отношению к указанной тематике (в среднем около 50 публикаций в год). Однако можно предположить, что ранние исследования создали надежную теоретическую основу для потенциального использования результатов в практических аспектах. Далее наблюдался устойчивый рост числа статей (до 319 публикаций в 2016 г.). Такая тенденция показывает становление исследовательской темы и признание ее важности. Ассамблея Организации Объединенных Наций провозгласила 2016 год Международным годом зернобобовых, что оказало существенное влияние на развитие научных исследований, стимулируя инновации и международное сотрудничество в этой области. Множество конференций, семинаров и образовательных мероприятий, проведенных в рамках данного события, способствовали обмену знаниями и передовыми практиками. Поэтому третий этап (с 2017 г.) характеризовался резким экспоненциальным всплеском активности: было опубликовано 4 500 работ (в среднем более 560 статей в год), что составило более 50 % от общего числа публикаций с 1970 г. В качестве самого продуктивного года отмечен 2024 г.: количество статей достигло 843, что характеризует зрелость и расширение исследований свойств и способов применения муки из зернобобовых.

Количество цитирований также показало тенденции к росту; в среднем показатель нормализованной цитируемости увеличивался волнообразно; после 2000 г. наблюдался резкий рост, что указывает на усиление интереса к данной области знаний.

Вклад разных стран в исследования

Анализируя регионы авторской принадлежности, можно визуализировать общий интерес к исследованиям и оценить их влияние на развитие данной тематики. В рамках изучения публикационной активности проанализирован вклад 129 стран в исследования муки из зернобобовых. В табл. 2 проиллюстрирована активность десяти ведущих стран и в том числе рассмотрен показатель количества статей с участием авторов других стран. Общее количество статей, опубликованных этими странами, составляет более половины всех работ (53,3 %). Китай занимает лидирующее положение (1 425 публикаций, 15,7 % от общего количества статей), затем следуют США и Индия (708 и 683 статьи соответственно). Необходимо отметить высокий уровень международного сотрудничества (27–35 %) почти для всех стран, что косвенно указывает на актуальность данной темы.

Таблица 2. Список стран, публикующих статьи по заданной тематике
Table 2. List of countries publishing articles on a given topic

Страна	Количество публикаций			Доля публикаций, %	Доля публикаций с международным соавторством, %
	всего	с внутренним соавторством	с международным соавторством		
Китай	1 425	990	435	15,7	30,5
США	708	516	192	7,8	27,1
Индия	683	569	114	7,5	16,7
Бразилия	409	298	111	4,5	27,1
Канада	365	252	113	4,0	31
Испания	354	246	108	3,9	30,5
Италия	288	195	93	3,2	32,3
Австралия	228	148	80	2,5	35,1
Турция	212	174	38	2,3	17,9
Мексика	174	115	59	1,9	33,9

Визуализация публикационной активности с помощью цветовой шкалы (рис. 2) продемонстрировала, что исследования по данной тематике проводятся практически во всех регионах мира, включая Африку и Южную Америку. Этот факт свидетельствует о глобальном интересе к изучению муки из зернобобовых культур.

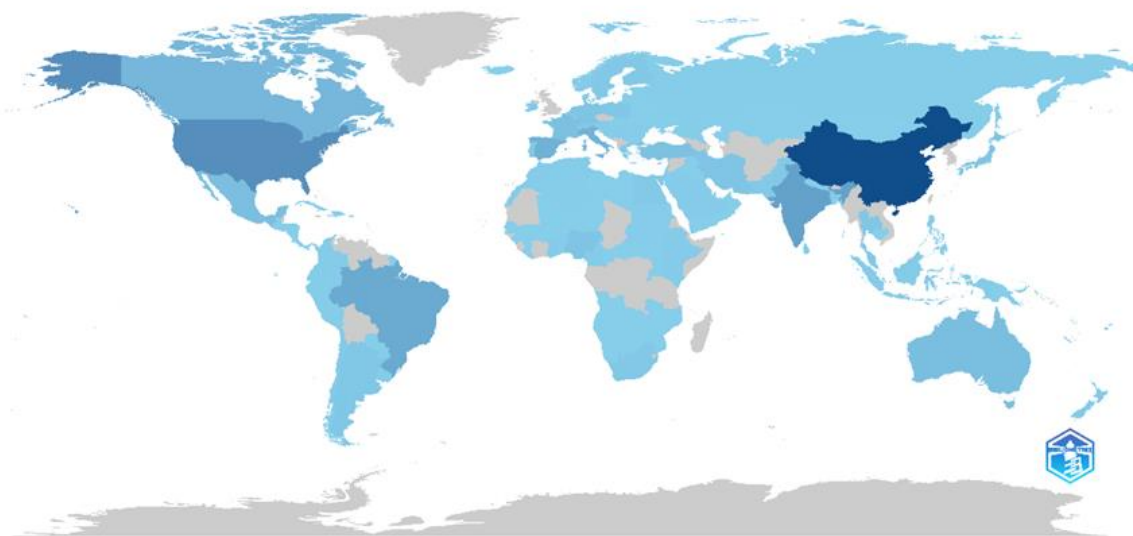


Рис. 2. Визуализация публикационной активности в разных странах
Fig. 2. Visualization of publication activity in different countries

В Южном полушарии в 2000–2022 гг. производство бобовых культур увеличилось примерно на 20–30 %, что обусловлено несколькими факторами, включая рост спроса на растительные белки. Расширение посевных площадей также сыграло важную роль в увеличении производства, способствовало активному участию стран Южного полушария в глобальных рынках и удовлетворению растущих потребностей населения в бобовых культурах (Fukah et al., 2024). Таким образом, исследование муки из зернобобовых становится все более актуальным как для научного сообщества, так и для сельскохозяйственного сектора различных стран.

Анализ сочетаемости ключевых слов

Ключевые слова отражают основные концепции и содержание публикаций и являются выражением центральных тем и направлений исследования.

Анализ сочетаемости ключевых слов определяет взаимосвязи между различными темами исследований, методами и концепциями, облегчая выявление популярных тематик и тенденций исследований в данной области. Инструмент R-Bibliometrix позволил выявить 50 основных ключевых слов из рассматриваемых статей с указанием количества упоминаний в публикациях и процентного соотношения к их сумме.

При составлении концептуальной структурной карты слов предварительно был проведен этап сортировки ряда терминов, включавший объединение слов и выражений, обозначающих один и тот же термин под разными названиями (например, "фермент" и "энзим"), а также группировку терминов, относящихся к одному общему понятию (например, "различные виды камеди"). Кроме того, были объединены слова, связанные тематически [например, "антиоксидантная активность", "DPPH" (метод определения антиоксидантной активности), "проантоцианидины" и др.]. Такой подход позволил более точно структурировать информацию и визуализировать ключевые слова по исследуемой теме.

Для получения конкретных данных по основным ключевым словам, термины, обозначающие область науки, были выделены и рассмотрены в отдельном кластере (рис. 3), что показывает междисциплинарный характер изучения.



Рис. 3. Диаграмма основных областей знаний
Fig. 3. Diagram of the main fields of knowledge

Суммарно на эти области науки приходилось 21 553 ключевых слова (25 % всех ключевых слов). Междисциплинарные исследования, посвященные муке из зернобобовых, подчеркивают необходимость глубоких и разнообразных знаний в этой области.

Значительная доля исследований приходилась на химические и биологические науки, особенно биохимию и органическую химию, а также на науку о пище. Данные области знаний связаны с изучением химического состава макро- и микронутриентов, ферментативных процессов, методов выделения отдельных фракций для получения функциональных ингредиентов и др. Поскольку известно, что использование зернобобовых оказывает влияние на профилактику ряда заболеваний, пакетом R-Bibliometrix сформирован раздел, касающийся медицины. Состав рецептурной смеси имеет решающее значение в качестве текстурных свойств теста, поэтому на диаграмме показаны разделы по реологии и термодинамике. Активное использование статистических методов обработки результатов, планирования экспериментов и моделирования процессов и рецептур нашли отражение в разделе математических наук. Раздел ядерной химии связан с новейшими методами исследований компонентного состава. Таким образом, междисциплинарные исследования позволяют

рассматривать результаты с разных точек зрения, что не только способствует развитию теории, но и предоставляет широкий спектр возможностей для практического применения.

Наиболее часто встречающиеся слова, определенные пакетом R-Bibliometrix, показаны в виде карты словесного дерева (рис. 4); для удобства рассмотрения представлена визуализация 26 наиболее значимых слов.



Рис. 4. Древоидная карта наиболее встречаемых слов

Fig. 4. Tree map representations of the top author keywords

Размер "окна", принадлежащего ключевому слову, отражает частоту его появления в наборе данных, число указывает на его появление в публикациях, соответствующий процент отражает относительную частоту встречаемости. Оставшиеся вне карты ключевые слова: бизнес, окружающая среда, камеди, экстракция, аминокислоты, вязкость, гликемический индекс, ингибиторы трипсина, отруби, фракционирование, глобулины, холестерин и др.

На 50 значимых слов приходилось 12 577 упоминаний, что составило 15 % всех ключевых слов используемых в статьях. Таким образом, с помощью пакета R-Bibliometrix было охвачено 40 % ключевых слов, наиболее часто упоминаемых в статьях по изучаемой тематике.

Ключевое слово "хроматография" (частота упоминаний 2 735) является самым популярным, так как используется для изучения физико-химических свойств веществ и определения количественных характеристик различных соединений: органических кислот (*Montemurro et al., 2025*) при рассмотрении спонтанной или направленной ферментации; олигосахаридов в муке, закваске и готовом изделии (*Vurro et al., 2024*); свободного аспарагина и акриламида в печенье, приготовленном с использованием бобовой муки (*Schouten et al., 2023*); фитатов (*Šaula et al., 2025*). Кроме того, хроматографический анализ имеет несколько видов (высокоэффективная жидкостная, тонкослойная, газовая хроматография, хроматермография и др.), которые используются при решении различных задач в исследовательской деятельности.

Вторым по популярности было слово "крахмал" (1 949 упоминаний). Исследования, сосредоточенные на крахмале, связаны с получением новых физико-химических и техно-функциональных свойств бобовых крахмалов. Одной из областей интереса к крахмалу зернобобовых является его более низкий гликемический индекс по сравнению с крахмалом злаковых, что связано с различиями в содержании амилозы, резистентного крахмала и характеристиками процесса клейстеризации (*Obadi et al., 2024*).

Термин "фермент" обычно ассоциируется с изучением каталитической активности самих ферментов, которые играют ключевую роль в биохимических реакциях. Однако в контексте муки из бобовых этот термин чаще рассматривается в связи с наличием ингибиторов ферментов, инактивация которых необходима как для качества готового продукта, так и для процессов пищеварения.

Ферментация ассоциируется с процессами брожения, которые играют важную роль в тестоведении, особенно при приготовлении заквасок. Значимость этого ключевого слова подтверждается рядом других терминов, встречающихся в исследованиях, таких как "микроорганизмы", "пшеничная мука" и "безглютеновая продукция".

Антиоксидантные свойства бобовых обусловлены наличием фенольных соединений, которые обладают множеством биологических эффектов, включая антиатерогенный, противовоспалительный, противомикробный и кардиопротекторный.

Основными группами фенольных соединений, обнаруженных в зернобобовых культурах, являются фенольные кислоты, флавоноиды, флавоны, флавонолы и конденсированные танины (проантоцианидины). Исследования антиоксидантных свойств в бобовых связаны как с изучением фенольного профиля, так и с изменениями в ходе хранения или технологических процессов (Vurro *et al.*, 2024; Magallanes López *et al.*, 2024; Shi *et al.*, 2022).

Среди полисахаридов бобовых важная роль принадлежит пищевым волокнам, которые способствуют здоровью кишечника, регулируют уровень сахара в крови, снижают уровень холестерина (Liu *et al.*, 2024; Magallanes López *et al.*, 2024).

Тематическая кластеризация и эволюция

Ключевые и связанные с ними сопутствующие слова могут быть объединены в кластеры для создания концептуальной структурной карты слов при использовании множественного анализа соответствий. Формирование карты происходит методом факторного анализа с помощью оценки двумерных и многомерных таблиц, содержащих соответствующие ключевые и сопутствующие слова в исследуемой тематике. Чем ближе ключевые слова расположены друг к другу, тем более они взаимосвязаны.

Тематика, посвященная исследованиям муки из зернобобовых, сформирована в виде четырех кластеров: кластер 1 (красный), кластер 2 (зеленый), кластер 3 (фиолетовый), кластер 4 (бирюзовый) (рис. 5).

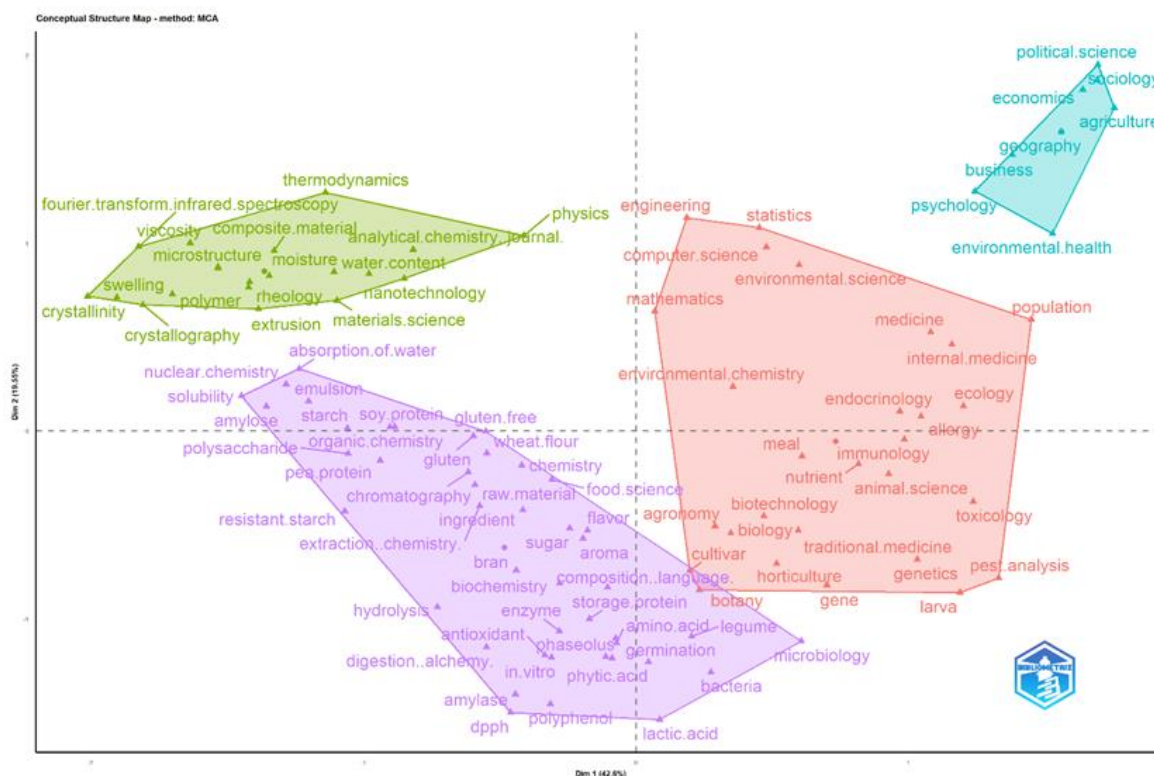


Рис. 5. Концептуальная структурная карта ключевых слов
Fig. 5. Conceptual structural map of keywords

Основные термины связанных областей приведены в табл. 3.

Ключевые слова в кластере I (красный) касаются медицинских аспектов и сопутствующих междисциплинарных тем.

Кластер II (зеленый) фокусируется на ключевых словах, связанных с современными методами исследований, и отображает темы, ответственные за различные характеристики сырьевых компонентов (химические, физические, реологические, термодинамические и др.).

Ключевые слова кластера III (фиолетовый) отражают основные аспекты свойств и применения муки из зернобобовых и характеризуют пищевую науку в целом.

Небольшой кластер IV (бирюзовый) включает несколько гуманитарных тем: экономика, бизнес, психология, социология, политика.

Таблица 3. Основные кластеры и ключевые слова в соответствии с анализом множественных соответствий
Table 3. Main clusters and keywords according to multiple correspondence analysis

Кластер	Основные ключевые слова
Кластер I (красный)	Медицина, нутриент, аллергия, иммунология, эндокринология, биотехнология, математика, статистика, наука об окружающей среде и др.
Кластер II (зеленый)	Фурье-спектроскопия, микроструктура, кристалличность, реология, термодинамика, наука о материалах и др.
Кластер III (фиолетовый)	Крахмал, аминокислоты, глютен /без глютена, пшеничная мука, гидролиз, амилаза, молочная кислота, вкус, аромат и др.
Кластер IV (бирюзовый)	Социология, экономика, бизнес, география, политические науки

Алгоритм множественного анализа соответствий формирует основной кластер ближе к центру. При исследовании муки из зернобобовых основной кластер включает кластеры I и III (красный и фиолетовый), что подтверждается в ходе использования муки в технологических процессах и рассмотрения положительных эффектов сырьевых компонентов на здоровье человека.

Тематический эволюционный анализ – инструмент, позволяющий проследить развитие и изменение ключевых тем и направлений исследований в научных публикациях со временем. Процесс эволюции библиометрических данных можно оценить как с помощью потоковой диаграммы Сэнки (Sankey), так и с помощью тематических карт.

Диаграмма Сэнки отражает тематику исследований (узел), эволюцию и корреляцию в разные периоды, а также направление тенденций и интенсивность развития. Каждый узел на диаграмме представляет отдельную тему, размер узла пропорционален количеству ключевых слов, содержащихся в ней. Линейная связь между узлами представляет эволюционное развитие темы исследования, а ширина указывает на количество общих ключевых слов.

Тематическая эволюция исследований в данной области рассматривалась в четырех периодах (рис. 6) в соответствии с развитием научного интереса: до 1970 г. (минимальное количество статей), 1971–2002 гг. (до 100 статей в год), 2003–2016 гг. (до 300 статей в год) и 2017–2025 гг. (более 300 статей в год). Период 2017–2025 гг. характеризовался быстрым экспоненциальным ростом статей, что свидетельствует о формировании современных тенденций, образующих крупные кластеры тематик.

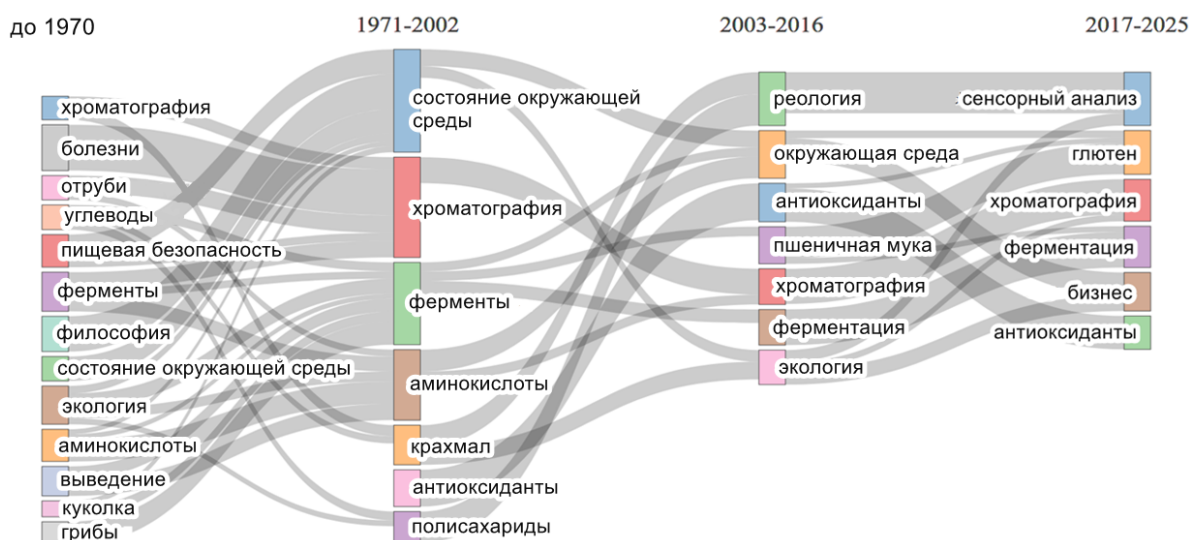


Рис. 6. Тематическая эволюция ключевых слов
Fig. 6. Thematic evolution of keywords

В период до 1970 г. эволюционная карта охватывает несколько ключевых направлений исследований. В это время началось активное изучение химического состава бобовой муки. Тематика, включающая термины "ферменты" и "ферментативная активность", связана с активным изучением ингибиторов Баумана – Бирка, Куница, альфа-глюкозидазы, оказывающих отрицательное влияние на процессы пищеварения. Поэтому технологические процессы должны были предусматривать способы инактивации антипитательных факторов. В этот подпериод начались размышления о роли бобовых в экосистемах и их потенциале для устойчивого производства пищи. Исследования также касались влияния бобовой муки в профилактике заболеваний (диабета и сердечно-сосудистых заболеваний).

Второй период, охватывающий интервал с 1971 по 2002 гг., отражает значительные изменения и достижения в различных областях исследования и применения муки. Появляется тематика, раскрывающая потенциал зернобобовых культур как источников пищевых волокон с широким спектром действия и биологически активных веществ (прежде всего антиоксидантов). С точки зрения физических процессов изучение свойств бобовой муки может включать в себя механизмы, которые влияют на текстуру теста в процессе приготовления. Активно изучаются вопросы, связанные с использованием муки в качестве закваски. Происходящие при этом процессы ферментации способствуют улучшению функциональных свойств муки, ее питательных качеств, а также вкуса и аромата готовых изделий (*İbanoğlu et al., 2001*). Важным инструментом для детального исследования питательных веществ и антиоксидантов бобовых становится хроматография. Наблюдается возрастание интереса к экологическим аспектам производства и потребления.

В 2003–2016 гг. продолжает расти интерес к замене муки пшеничной мукой из зернобобовых в рецептурах различных изделий, что особенно актуально в период появившихся тенденций потребления безглютеновой продукции. В отдельную область выделяется изучение реологических свойств теста и готовых изделий; продолжается активное использование хроматографических методов.

В 2017–2025 гг. большое значение уделяется сенсорному анализу, который важен как элемент качества при производстве новых продуктов с использованием бобовой муки. Одним из возможных способов улучшения сенсорного профиля становится ферментация: при молочнокислом брожении уменьшается содержание альдегидов, кетонов, спиртов и синтезируются эфирные соединения. Качественные характеристики важны также для различных продуктов переработки, получаемых методами сухого или влажного фракционирования, в частности белковых препаратов, широко применяемых в различных продуктах питания (*El Youssef et al., 2020*). В этот период возрастает количество исследований, в которых отражается роль бобовых не только для здоровья человека, но и для здоровья планеты.

Эволюционный процесс тематик исследования оценивается с помощью тематических карт, которые создаются пакетом R-Bibliometrix с помощью кластерного анализа. Тематические карты являются одними из программных продуктов, помогающих исследователям анализировать результаты (*Cobo et al., 2011*).

С помощью тематической карты можно больше узнать о текущем состоянии предмета исследований и его шансах на долгосрочное существование. Каждый круг на карте представляет собой кластер, причем более крупные круги указывают на более высокую частоту появления ключевых слов в кластерах.

Расположение кластера на карте формируется по определенным характеристикам связей ключевых и сопутствующих слов (плотность и центральность) в четырех областях. Нишевые (*niche*) темы находятся в левом верхнем квадранте, премиум (*motor*) – в правом верхнем, возникающие/угасающие (*emerging/declining*) – в левом нижнем, базовые (*basic*) темы – в правом нижнем квадранте.

Расположение тем по квадрантам основано на показателях плотности [мере развития темы, степени связности между узлами (ключевыми словами) внутри кластеров] и центральности (мере релевантности темы, взаимосвязи с различными темами в кластере):

- нишевые (высокоразвитые и изолированные) темы имеют хорошо развитые внутренние связи (высокая плотность), но незначительные внешние (низкая центральность), что означает, что они касаются зарождающихся областей знания или являются развитыми, но ограниченными темами для данной области исследований;
- премиум-темы (моторные) характеризуются высокой центральностью и высокой плотностью, т. е. они развиты и жизненно важны для области исследований;
- базовые (основные) и трансверсальные темы характеризуются высокой центральностью и низкой плотностью, что означает, что они важны и все еще развиваются в области исследования, а также касаются общих тем, связанных с различными областями исследований;
- возникающие/убывающие темы характеризуются низкими центральностью и плотностью, т. е. являются слабо развитыми в данный момент.

Близость к вертикальной оси указывает на более высокую плотность, т. е. показывает, насколько интенсивно и глубоко развита данная область исследований. Чем выше плотность, тем больше научных публикаций касается рассматриваемой тематики, что свидетельствует о ее стабильности и потенциале для дальнейшего развития.

Горизонтальная ось отражает центральность узла, т. е. его важность и влияние в структуре всей исследовательской сети. Чем ближе узел к горизонтальной оси, тем больше связей он имеет с другими темами и тем самым занимает ключевое место в научной области. Узел с высокой центральностью обычно является важным звеном, вокруг которого строятся другие исследования, что свидетельствует о востребованности в научном сообществе и потенциале для дальнейшего роста.

Эволюция тематик исследований муки из зернобобовых в различные периоды показана на рис. 7.

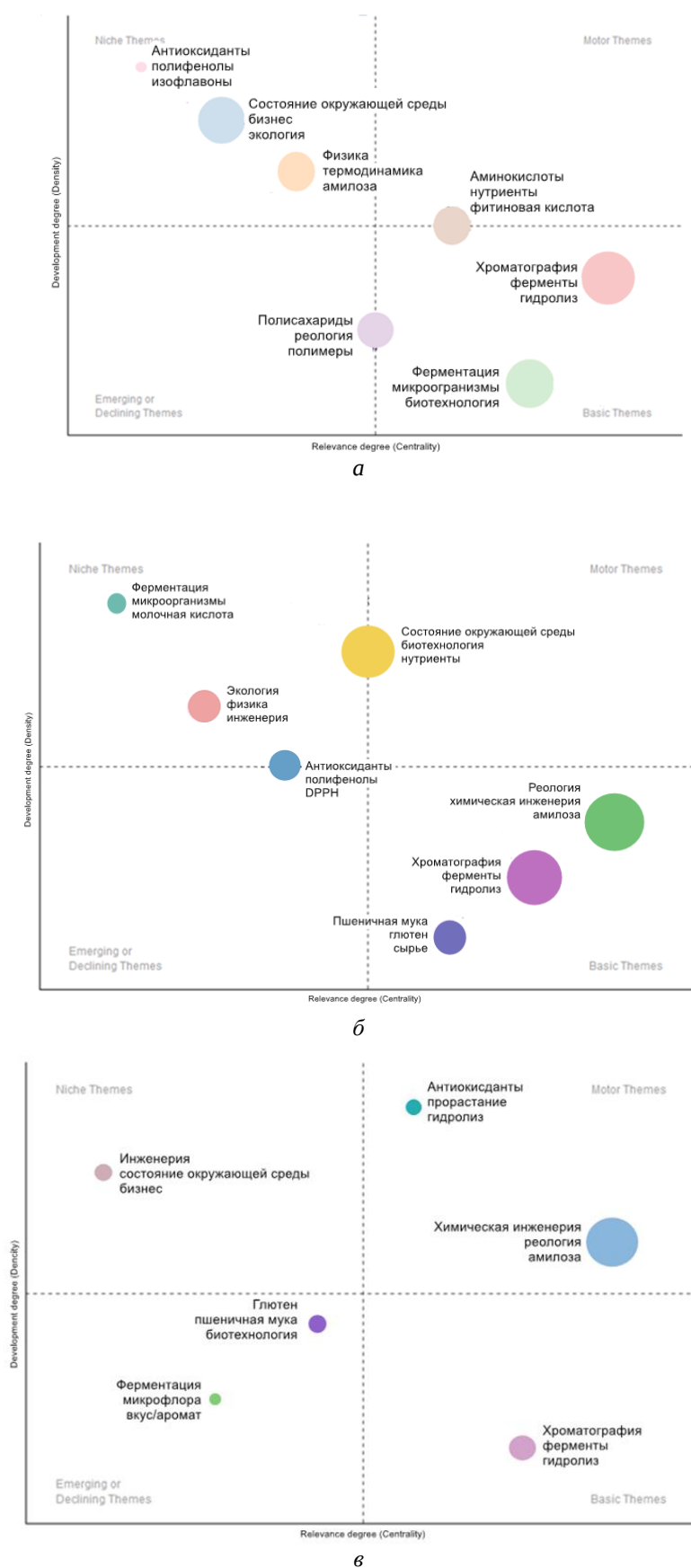


Рис. 7. Эволюционная карта тематик исследований: а – 1970–2002 гг.; б – 2003–2017 гг.; в – 2018–2025 гг.
Fig. 7. The evolutionary map of research topics: а – 1970–2002; б – 2003–2017; в – 2018–2025

По тематическим картам можно оценить развитие ряда основных тематик. Тематика, связанная с антиоксидантной активностью, в начальный период находилась среди нишевых тем, затем перемещалась к границе центральности и ее можно было охарактеризовать как растущую, а в период с 2017 г. перешла в разряд премиум.

Тематика, связанная с реологическими свойствами муки, в течение двух периодов оставалась в нижних квадрантах, но позже из базовой тематики переместилась в премиум. Этот факт можно объяснить возросшим интересом к безглютеновой продукции и продуктам с лучшим нутриентным составом за счет добавления муки из бобовых и, соответственно, ростом исследований, связанных с текстурными свойствами теста и готовых изделий.

Помимо уникального химического состава, к преимуществам зернобобовых относится также их значительное влияние на экологическое здоровье планеты. Производство зернобобовых способствует сохранению экологии, отличается низким углеродным следом и коротким циклом роста культур. Симбиотическая фиксация азота при выращивании позволяет снизить потребность в удобрениях, что делает процесс более экологически чистым. В результате, как показано на тематических картах, на начальных этапах исследований этот вопрос из нишевых тем переместился в категорию премиум с более высокой плотностью. В последние годы данная тематика вновь оказывается в левом верхнем квадранте, однако с учетом ее важности для устойчивого развития планеты можно утверждать, что она из обособленной области перешла в разряд высокоразвитых тем.

Рассматривая современное состояние исследований (2018–2025 гг.), стоит обратить внимание на нижний левый квадрант, где находятся темы, связанные с процессами ферментации и микрофлорой. Поскольку пакет R-Bibliometrix не определяет, к какой группе (растущих или убывающих) тематик относятся эти ключевые слова, анализ тенденций данного направления проводится на основе содержательной части научных публикаций.

Следует отметить, что процессы ферментации муки при приготовлении заквасок использовались давно, и можно было предположить, что данная тематика достаточно хорошо изучена. Но в настоящее время ферментацию рассматривают как потенциальную возможность улучшения питательных, технологических и сенсорных свойств муки из бобовых культур, учитывая, что данный процесс снижает содержание антипитательных факторов и повышает пищевую ценность и усвояемость. Уникальные протеолитические системы различных молочнокислых бактерий, образующиеся при брожении, вызывают специфический ферментативный гидролиз белков бобовых, что приводит к получению гидролизатов с разными свойствами (растворимость, эмульгирующая способность, гелеобразование и пенообразующая способность) (Garrido-Galand et al., 2021; Munch-Andersen et al., 2024; Chiacchio et al., 2025; Du et al., 2024; Parmigiani et al., 2025; Šaula et al., 2025; Singh et al., 2024; Liang et al., 2022). Рыночные тенденции также указывают на растущий интерес к функциональным продуктам питания. В этом контексте ферментированные продукты показывают значительные изменения в своем составе: увеличение содержания аминокислот, витаминов, биоактивных соединений; уменьшение антипитательных факторов (фитатов и танинов) (Garrido-Galand et al., 2021). Учитывая значительное количество публикаций в данный период и актуальность направления исследований, тематику, касающуюся процессов ферментации, следует определить как растущую.

Тематика, рассматривающая процессы гидролиза, тесно связана с ферментативными процессами и занимает место в квадранте базовых тем.

Заключение

В результате исследований впервые представлены библиометрический анализ научной литературы и визуализация тенденций исследований, посвященных изучению муки из семян зернобобовых культур. Экспоненциальный рост публикационной активности наблюдался с 2017 г., что связано с объявлением Ассамблеей ООН 2016 года Международным годом зернобобовых и дальнейшим ростом сотрудничества между странами.

Наибольший вклад в развитие исследований в данной области внесли ученые из Китая, США, Индии. Значительная доля работ приходилась на химические и биологические науки, науку о пище, что выявлено с помощью наиболее значимых ключевых слов: хроматография, крахмал, ферменты, полисахариды, антиоксиданты. Концептуальные кластеры на структурной карте ключевых слов включают основные и сопутствующие термины, отражающие эволюцию научной литературы по рассматриваемой тематике.

В течение периода исследований оставались значимыми тематические узлы, связанные с терминами "ферменты" и "ферментация"; в настоящее время сформировались новые узлы, касающиеся изучения антиоксидантной активности, а также роли безглютеновой продукции и сенсорных характеристик. Тематические карты позволили проследить центральные и убывающие темы научных исследований, посвященных различным процессам, среди которых ферментация играет ключевую роль.

Полученные результаты библиометрического анализа могут быть использованы отечественными учеными для оценки и планирования исследовательских работ в области изучения муки из зернобобовых в контексте мировых тенденций.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

- Akın, M., Eydurán, S. P., Papageorgiou, M., Bartkiene, E. et al. 2023. Bibliometric analysis on pseudocereals. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 6. Article number: 100062. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2023.100062>.
- Anumudu, C. K., Omeregbe, O., Hart, A., Miri, T. et al. 2022. Applications of bacteriocins of lactic acid bacteria in biotechnology and food preservation: A bibliometric review. *The Open Microbiology Journal*, 16. Article number: e187428582206300. DOI: <https://doi.org/10.2174/18742858-v16-e2206300>.
- Aria, M., Cuccurullo, C. 2017. Bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), pp. 959–975. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.
- Biazatti, M. J., Justi, A. C. A., Fraga Souza, R., de Carvalho Miranda, J. C. 2024. Soybean biorefinery and technological forecasts based on a bibliometric analysis and network mapping. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4719032>.
- Chiacchio, M. F., Tagliamonte, S., Pazzanese, A., Vitaglione, P. et al. 2025. Lactic acid fermentation improves nutritional and functional properties of chickpea flours. *Food Research International*, 203. Article number: 115899. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115899>.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., Herrera, F. 2011. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), pp. 146–166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>.
- Costa, B. P., Ikeda, M., de Melo, A. M., Bambirra Alves, F. E. S. et al. 2022. *Eriobotrya japonica* fruits and its by-products: A promising fruit with bioactive profile and trends in the food application – A bibliometric review. *Food Bioscience*, 50, Part B. Article number: 102099. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102099>.
- Silva da, K. G., de Lima Costa, I. H., Fonseca, L. M., Saraiva, M. M. T. et al. 2025. Food biopreservation, global trends and applications: A bibliometric approach. *Food Control*, 168. Article number: 110901. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110901>.
- Souza de, H. F., Monteiro, G. F., Bogáz, L. T., Freire, E. N. S. et al. 2024. Bibliometric analysis of water kefir and milk kefir in probiotic foods from 2013 to 2022: A critical review of recent applications and prospects. *Food Research International*, 175. Article number: 113716. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113716>.
- Du, Q., Li, H., Tu, M., Wu, Z. et al. 2024. Legume protein fermented by lactic acid bacteria: Specific enzymatic hydrolysis, protein composition, structure, and functional properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 238. Article number: 113929. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2024.113929>.
- El Youssef, C., Bonnarme, P., Fraud, S., Péron, A.-C. et al. 2020. Sensory improvement of a pea protein-based product using microbial co-cultures of lactic acid bacteria and yeasts. *Foods*, 9(3). Article number: 349. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9030349>.
- Fernandes, R., Souza, F. O., Sobral, D. O., dos Santos, T. L. O. et al. 2024. Conilon coffee: A critical review and bibliometric analysis for the agri-food industry. *Food Research International*, 197, Part 2. Article number: 115284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115284>.
- Fernando, D., Marbun, P., Hastuti, A. A. M. B., Rohman, A. 2025. Current trends and future directions in avocado oil research: An overview and a bibliometric analysis across two time points. *Oil Crop Science*, 10(1), pp. 25–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2025.02.003>.
- Fernando, S. 2021. Production of protein-rich pulse ingredients through dry fractionation: A review. *LWT*, 141. Article number: 110961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110961>.
- Fukah, F. K., Magubika, A. J., Tryphone, G. M., Nassary, E. K. 2024. Meta-analysis of legumes and groundnut production trends and variability in the Global South. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18. Article number: 101501. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101501>.
- Garrido-Galand, S., Asensio-Grau, A., Calvo-Lerma, J., Heredia, A. et al. 2021. The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours: A review. *Food Research International*, 145. Article number: 110398. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110398>.
- İbanoğlu, Ş., İbanoğlu, E. 2001. Modelling of natural fermentation in cowpeas using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 48(3), pp. 277–281. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00171-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00171-0).
- Liang, Z., Yi, M., Sun, J., Zhang, T. et al. 2022. Physicochemical properties and volatile profile of mung bean flour fermented by *Lactocaseibacillus casei* and *Lactococcus lactis*. *LWT*, 163. Article number: 113565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113565>.
- Liu, T., Zhen, X., Lei, H., Li, J. et al. 2024. Investigating the physicochemical characteristics and importance of insoluble dietary fiber extracted from legumes: An in-depth study on its biological functions. *Food Chemistry: X*, 22. Article number: 101424. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101424>.

- Lysova, N., Solari, F., Montanari, R. 2025. Investigating research trends in computer vision for food quality control: A bibliometric approach. *Procedia Computer Science*, 253, pp. 1923–1932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.254>.
- Magallanes López, A. M., Campanella, O. H., Simsek, S. 2024. Effects of cooking and market classes on nutritional and antioxidant properties of dry bean flours and soluble dietary fiber-rich fractions. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 32. Article number: 100454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100454>.
- Maspeke, P. N. S., Salengke, S., Muhidong, J., Dirpan, A. 2024. A bibliometric analysis of ohmic heating on food processing in the last two decades. *Heliyon*, 10(20). Article number: e39315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39315>.
- Melo de, A. M., Almeida, F. L. C., Melo de Cavalcante, A. M., Ikeda, M. et al. 2021. Garcinia brasiliensis fruits and its by-products: Antioxidant activity, health effects and future food industry trends – A bibliometric review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, pp. 325–335. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.005>.
- Mishra, N., Tripathi, S., Smriti, Mishra, N. 2024. Global insights into *Physalis* research: A bibliometric journey from origin to recent advances. *Food and Humanity*, 3. Article number: 100395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100395>.
- Molchanova, E. N., Shipareva, M. G. 2023. Analysis of motivational models in the world for increasing legume consumption. *Voprosy Pitaniya*, 92(S5(549)), pp. 270–271. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-5s-338. EDN: BOTXUV. (In Russ.) = Молчанова Е. Н., Шипарева М. Г. Анализ мотивационных моделей в мире для увеличения потребления зернобобовых // Вопросы питания. 2023. Т. 92, № S5(549). С. 270–271. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-5s-338. EDN: BOTXUV.
- Molchanova, E. N., Shipareva, M. G., Li, E. V., Karelina, N. N. 2018. Innovations in the use of grain legumes. *Voprosy Pitaniya*, 87(S5), pp. 230–231. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10340. EDN: VNGBUI. (In Russ.) = Молчанова Е. Н., Шипарева М. Г., Ли Е. В., Карелина Н. Н. Инновации в применении зернобобовых // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № S5. С. 230–231. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10340. EDN: VNGBUI.
- Montemurro, M., Perri, G., Verni, M., Pontonio, E. et al. 2025. Application of a sourdough type-II fermentation model to gelatinized legume flours: starter robustness, technological and nutritional implications, potential of the bread and pasta fortification. *Applied Food Research*, 5(1). Article number: 100725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100725>.
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., Cobo, M. J. 2020. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *El Profesional de La Información*, 29(1). Article number: e290103. DOI: <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>.
- Munch-Andersen, C. B., Porcellato, D., Devold, T. G., Østlie, H. M. 2024. Isolation, identification, and stability of sourdough microbiota from spontaneously fermented Norwegian legumes. *International Journal of Food Microbiology*, 410. Article number: 110505. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110505>.
- Obadi, M., Xu, B. 2024. A review of the effects of physical processing techniques on the characteristics of legume starches and their application in low-glycemic index foods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, Part 1. Article number: 135124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135124>.
- Ochoa-Ocampo, M. A., Niño-Ruiz, Z., Torres-Gutiérrez, R., Mogollón, N. G. S. et al. 2025. Characterization, biological activity and application trends of *Ilex guayusa* Loes: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Food Chemistry Advances*, 7. Article number: 100958. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100958>.
- Olaoye, S. A., Oladele, S. O., Badmus, T. A., Filani, I. et al. 2024. Thermal and non-thermal pasturization of citrus fruits: A bibliometrics analysis. *Heliyon*, 10(10). Article number: e30905. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30905>.
- Pacheco, A. F. C., Pacheco, F. C., Cunha, J. S., dos Santos, F. R. et al. 2024. Bibliometric analysis of pumpkin seed proteins: A review of the multifunctional properties of their hydrolysates and future perspectives. *Food Bioscience*, 59. Article number: 104269. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104269>.
- Parmigiani, M., López, D. N., Llopart, E. E., Boeris, V. 2025. Sensory evaluation of wheat bread supplemented with chickpea: The effect of the chickpea flour fermentation. *Food and Humanity*, 4. Article number: 100527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100527>.
- Petrescu-Mag, R. M., Petrescu-Mag, I. V., Petrescu, D. C., Ginsca, C. et al. 2025. Mapping the research landscape of meat replacers in Romania: A bibliometric analysis and a cross-cluster synergy model of emerging trends. *Future Foods*, 11. Article number: 100619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100619>.
- Ribeiro, N. G., Xavier-Santos, D., Campelo, P. H., Guimarães, J. T. et al. 2022. Dairy foods and novel thermal and non-thermal processing: A bibliometric analysis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76. Article number: 102934. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102934>.
- Šaula, T., Cigić, B., Jamnik, P., Cigić, I. K. et al. 2025. Enrichment of the nutritional value of pea flour milling fractions through fermentation. *Food Chemistry*, 476. Article number: 143303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143303>.

- Schouten, M. A., Fryganas, C., Tappi, S., Romani, S. et al. 2023. Influence of lupin and chickpea flours on acrylamide formation and quality characteristics of biscuits. *Food Chemistry*, 402. Article number: 134221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134221>.
- Sendhil, R., Bhuvana, C. R., Yadav, S., Gayathry, G. et al. 2024. Consumer perception and preference toward plant-based meat alternatives – Bibliometric trends and policy implications. *Food and Humanity*, 2. Article number: 100229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fooohum.2024.100229>.
- Sganzerla, W. G., da Silva, A. P. G. 2022. Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess – Myrtaceae): An overview from the origin to recent developments in the food industry – A bibliometric analysis. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10. Article number: 100369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100369>.
- Sharma, M., Sharma, M., Sahu, S. C., Sharma, D. et al. 2024. Walnuts as functional food and nutraceutical: A bibliometric study of research trends on nutritional potential, phytochemistry and its health benefits. *Food and Humanity*, 3. Article number: 100387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fooohum.2024.100387>.
- Shi, Z., Liu, Y., Hu, Z., Liu, L. et al. 2022. Effect of radiation processing on phenolic antioxidants in cereal and legume seeds: A review. *Food Chemistry*, 396. Article number: 133661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133661>.
- Silva, R., Rocha, R. S., Ramos, G. L. P. A., Xavier-Santos, D. et al. 2022. What are the challenges for ohmic heating in the food industry? Insights of a bibliometric analysis. *Food Research International*, 157. Article number: 111272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111272>.
- Singh, D., Chand, K., Sahal, A., Kumar, S. et al. 2024. Optimization of fermentation parameters and their impact on the final properties of the cereal-legume-based fermented product. *Journal of Stored Products Research*, 106. Article number: 102302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102302>.
- Stopar, K., Trdan, S., Bartol, T., Arthur, F. H. et al. 2022. Research on stored products: A bibliometric analysis of the leading journal of the field for the years 1965–2020. *Journal of Stored Products Research*, 98. Article number: 101980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101980>.
- Szomszor, M., Adams, J., Fry, R., Gebert, C. et al. 2021. Interpreting bibliometric data. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 5. DOI: <https://doi.org/10.3389/frma.2020.628703>.
- Eck van, N. J., Waltman, L. 2009. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), pp. 523–538. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.
- Vurro, F., Santamaria, M., Summo, C., Pasqualone, A. et al. 2024. Exploring the functional potential of pea-based sourdough in traditional durum wheat *focaccia*: Role in enhancing bioactive compounds, *in vitro* antioxidant activity, *in vitro* digestibility and aroma. *Journal of Functional Foods*, 123. Article number: 106607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106607>.

Сведения об авторах

Молчанова Елена Николаевна – Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), канд. биол. наук, доцент, профессор;
e-mail: molchanova@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0708-1694>

Elena N. Molchanova – 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080;
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor;
e-mail: molchanova@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0708-1694>

Яблочкин Даниил Евгеньевич – Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), магистрант;
e-mail: daka2002@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2773-0250>

Daniil E. Yablochkin – 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080;
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Master's Student;
e-mail: daka2002@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2773-0250>

Гегер Алексей Эдуардович – Средний проспект В.О., 57/43, г. Санкт-Петербург, Россия, 199178;
Северо-Западный институт управления РАНХиГС, канд. соц. наук, доцент,
e-mail: geger.al@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8717-565X>

Alexey E. Geger – 57/43 Sredny Prospect V.O., St. Petersburg, Russia, 199178;
North-West Institute of Management RANEPa, Cand. Sci. (Sociology), Associate Professor,
e-mail: geger.al@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8717-565X>