

УДК 633.112.6; 664.696.9; 663.86

Научный обзор

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-108-116

П.И. Гунькова¹
 А.А. Трофимов¹ ✉
 А.С. Бучилина¹
 Н.В. Баракова¹
 А.Л. Ишевский¹
 Н.Н. Максимюк²

¹ Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

² Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия

✉ nutrof@vk.com

Поступила в редакцию:

16.02.2024

Одобрена после рецензирования:

10.04.2024

Принята к публикации:

24.04.2024

Review

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-108-116

Polina I. Gunkova¹
 Andrey A. Trofimov¹ ✉
 Alina S. Buchilina¹
 Nadezda V. Barakova¹
 Aleksander L. Ishevsky¹
 Nikolai N. Maksimyuk²

¹ ITMO University, Saint Petersburg, Russia

² Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

✉ nutrof@vk.com

Received by the editorial office:

16.02.2024

Accepted in revised:

10.04.2024

Accepted for publication:

24.04.2024

Перспективность полбы как сырья для альтернативных напитков

РЕЗЮМЕ

Согласно аналитическим исследованиям, сегодня наблюдается всплеск интереса к растительным напиткам, альтернативным молочным. Перспективным сырьем является полба, повышение интереса к которой объясняется экологической чистотой, неприхотливостью, пищевой ценностью и функциональными свойствами злака. В статье представлены результаты исследования количества основных нутриентов в зерне полбы сорта Руно, выращенном в 2022 году в Алтайском крае России. Массовая доля белка в нем составила 15,40%, жира — 3,20%, зольности — 1,80%, содержание углеводов равно 69,25%, из них крахмала — 62,80%, в пересчете на сухое вещество. Приведен анализ имеющихся немногочисленных литературных данных о химическом составе и функциональных свойствах полбы (*Triticum dicoccum*). Содержание компонентов в ней варьируется в широком интервале в зависимости от агротехнических и климатических факторов. Диапазон содержания в зерне нутриентов: белков — 8,70–22,90%; липидов — 0,99–3,80%; углеводов — 68,20–83,22%. Злак характеризуется высокой концентрацией незаменимых аминокислот, минеральных веществ, витаминов *B*, *E*, каротиноидов и фенольных соединений (их количество показано в статье). Низкий гликемический индекс позволяет рекомендовать полбу диабетикам. Антиоксидантная активность, противодиабетические, гиполипидемические и антиканцерогенные свойства *Triticum dicoccum* обусловлены содержанием в культуре токоферолов, фенольных соединений, каротиноидов, пищевых волокон и других биологически активных компонентов. Благодаря ценному химическому составу и функциональным свойствам зерна полба может быть основой напитков для диетического питания и профилактики сердечно-сосудистых болезней, сахарного диабета, рака и др.

Ключевые слова: зерно полбы, химический состав полбы, функциональные свойства полбы, альтернативные напитки, функциональные напитки

Для цитирования: Гунькова П.И., Трофимов А.А., Бучилина А.С., Баракова Н.В., Ишевский А.Л., Максимюк Н.Н. Перспективность полбы как сырья для альтернативных напитков. *Аграрная наука*. 2024; 382(5): 108–116.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-108-116>

© Гунькова П.И., Трофимов А.А., Бучилина А.С., Баракова Н.В., Ишевский А.Л., Максимюк Н.Н.

The prospects of emmer as a raw material for alternative drinks

ABSTRACT

According to analytical studies, today there is a surge in interest in herbal drinks, alternative to dairy. A promising raw material is spelt, the increased interest in which is explained by the ecological purity, unpretentiousness, nutritional value and functional properties of the cereal. The article presents the results of a study of the amount of basic nutrients in spelt grain of the Fleece variety grown in 2022 in the Altai Territory of Russia. The mass fraction of protein in it was 15.40%, fat — 3.20%, ash content — 1.80%, carbohydrate content is 69.25% of which starch is 62.80% in terms of dry matter. The analysis of the few available literature data on the chemical composition and functional properties of spelt *Triticum dicoccum* is presented. The content of the components in it varies in a wide range depending on agrotechnical and climatic factors. The range of nutrients in grain: proteins — 8.70–22.90%; lipids — 0.99–3.80%; carbohydrates — 68.20–83.22%. Cereal is characterized by a high concentration of essential amino acids, minerals, vitamins *B*, *E*, carotenoids and phenolic compounds (their amount is shown in the article). The low glycemic index makes it possible to recommend spelt to diabetics. The antioxidant activity, antidiabetic, hypocholesterolemic and anti-carcinogenic properties of *Triticum dicoccum* are due to the content of tocopherols, phenolic compounds, carotenoids, dietary fibers, etc. in culture. biologically active components. Due to the valuable chemical composition and functional properties of the grain, spelt can be the basis of drinks for dietary nutrition. It can also be used for the prevention of cardiovascular diseases, diabetes mellitus, cancer and others.

Key words: emmer grain, chemical composition of emmer, functional properties of emmer, alternative drinks, functional drinks

For citation: Gunkova P.I., Trofimov A.A., Buchilina A.S., Barakova N.V., Ishevsky A.L., Maksimyuk N.N. The prospects of emmer as a raw material for alternative beverages. *Agrarian science*. 2024; 382(5): 108–116 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-108-116>

© Gunkova P.I., Trofimov A.A., Buchilina A.S., Barakova N.V., Ishevsky A.L., Maksimyuk N.N.

Введение/Introduction

В настоящее время в России, как и в мире, наблюдаются тенденции отказа от продукции животного происхождения и, как следствие, всплеск спроса на биологически активные продукты. Аналитики прогнозируют, что рост рынка новых видов продукции к 2029 году составит около 100% по отношению к 2022 году¹. Среди молочных альтернатив одно из ведущих мест занимают напитки на растительной основе. На международном потребительском рынке представлены такие напитки из бобовых и злаковых культур, орехов и др. [1]. Однако в связи с высокой потребностью населения в функциональных продуктах ассортимент сырья необходимо расширять.

В России важнейшее пищевое сырье — продукция растительного происхождения. Россия обладает природно-климатическими условиями, позволяющими выращивать злаковые культуры распространенных в мире видов, и является одной из ведущих «зерновых держав»². Продукты из злаков на протяжении веков являются традиционной пищей россиян. Для производства молочных альтернатив производители наиболее часто используют овес и рис [2]. Перспективное сырье — полба — древнейшая, экологически чистая, неприхотливая, высокобелковая культура, которая сегодня возрождается на территории нашей страны [3].

Полба или полбяная пшеница — общее название группы полудиких видов — прародителей современной пшеницы, характеризующейся пленчатым зерном. К этой группе относятся полба (*Triticum dicoccum*) и спельта (*Triticum spelta*). Злак начали культивировать около 8000 лет назад. В древности его выращивали на пространной территории от Эфиопии до Закавказья [4]. В Западной Европе полбу возделывали уже в раннем периоде каменного века. В России она известна также с каменного века. Археологические раскопки показали существование полбы в VI–II тысячелетиях до н. э. в южных регионах нашей страны и в I тысячелетии до н. э. в ее северо-западной зоне.

Наибольшее распространение в России культура получила в Поволжье, Северном Кавказе, Закавказье, также она выращивалась в Чуйской долине, в районе Старой Ладogi, под Москвой и др.³ Спельту с бронзового века возделывали только в Средней Европе — сначала в Германии и Швейцарии [5], затем в Испании, Франции, Италии [6]. В каждой местности полбяную пшеницу именуют по-своему. Злак *Triticum dicoccum* в России называют исконно русским словом «полба» или немецким «эммер», в Татарстане и Башкортостане — борай, в Чувашии — пори, в Азербайджане — пэринч, пяринч, в Армении — аджар, париндж, в Грузии — асли, зандури, ормарцвлиана. В Германии она носит название эммер (emmer), в Италии — фарро (farro). На арабском языке полба называется алас (álas), хушаки (h'uschaki) или колба (kolba). Название «колба» встречается и в Республике Алтай [5]. Спельту (*Triticum spelta*) в Европе, в районах ее произрастания, называют спелта (espelta) или динкель (dinkel). На русском языке специального

обозначения для спельты нет, так как она на территории России не выращивалась, но в отечественной литературе *Triticum spelta* иногда называют полбой настоящей (а *Triticum dicoccum* — полбой обыкновенной) [5, 6].

На Руси *Triticum dicoccum* активно возделывали до середины XIX в., затем культура уступила место более урожайной мягкой пшенице [4, 7–9]. В XXI веке интерес к полбе в России возродился, и сегодня ее начали выращивать в небольшом количестве в Среднем Поволжье, Предуралье, Сибири, Северном Кавказе и др. [7, 10]. Рост интереса к полбе обусловлен его ценными свойствами и химическим составом.

Цель данной работы — определение основных компонентов химического состава полбы шелушенной резаной сорта Руно, выращенной в 2022 году в Алтайском крае России, а также обобщение и анализ имеющихся немногочисленных данных о пищевой ценности и функциональных свойствах зерна *Triticum dicoccum* для оценки перспективности его использования в качестве сырья для альтернативных напитков.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объект экспериментального исследования — зерно полбы сорта Руно, выращенное в 2022 году в Алтайском крае РФ, соответствует требованиям ТУ 10.61.32–001–52882771–2018⁴.

Работа выполнялась в лабораториях факультета биотехнологий и НОЦ химического инжиниринга и биотехнологий Университета ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия).

Поиск источников научных данных проводился в научных электронных библиотеках и на платформах eLIBRARY.ru, Google Scholar, Web of Science, Scopus, ResearchGate.

Для определения основных компонентов химического состава полбы использовали стандартные методы. Содержание белка определяли методом Кьельдаля по ГОСТ 10846⁵. Коэффициент перерасчета общего азота в белок — 5,7. Содержание жира контролировали по ГОСТ 29033⁶. Влажность определяли методом высушивания измельченной крупы по ГОСТ 26312.7–88⁷.

Содержание крахмала в исследуемом образце исследовали поляриметрическим методом по ГОСТ 10845⁸.

Зольность полбы определяли по ГОСТ 26312.5–84⁹ путем сжигания размолотого зерна с последующим определением массы несгораемого остатка. Общее содержание углеводов *C* (в %) рассчитывали по формуле:

$$C = 100 \% - (B + Z + Ж + Б),$$

где: *B* — влажность полбы, %; *Z* — массовая доля золы, %; *Ж* — содержание жира, %; *Б* — содержание белка в полбе, %.

Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Статистический анализ полученных экспериментальных результатов проводили с применением Microsoft Excel (США).

¹ Plant-based Foods Market, Projects Bloomberg Intelligence // Bloomberg. — URL: <https://www.bloomberg.com/company/press/plant-based-foods-market-to-hit-162-billion-in-next-decade-projects-bloomberg-intelligence/> (дата обращения: 29.01.2024).

² Агапкин А. М., Махотина И. А. К вопросу о состоянии российского зернового рынка // Международная торговля и торговая политика. 2021; 3(27). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-sostoyanii-rossiyskogo-zernovogo-rynka> (дата обращения: 17.01.2024).

³ Особый злак — перспективы выращивания полбы // АгроБизнес. — URL: <https://www.agbz.ru/articles/zlak-vyrashchivanie-polby/> (дата обращения: 1.02.2024).

⁴ ТУ 10.61.32–001–52882771–2018 Крупа из полбы.

⁵ ГОСТ 10846–91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

⁶ ГОСТ 29033–91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира.

⁷ ГОСТ 26312.7–88 Крупа. Метод определения влажности.

⁸ ГОСТ 10845–98 Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала.

⁹ ГОСТ 26312.5–84 Крупа. Определение зольности.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Ценные агротехнические свойства полбы.

Полба не требовательна к природно-климатическим условиям и почве, растет в условиях высокогорья. Она меньше других зерновых культур поражается вредителями и болезнями. Благодаря хорошо развитой корневой системе культура устойчива к засухе и холоду. Ценным свойством злака является скороспелость [4, 6–8, 10, 11]. Созревает раньше, чем, например, пшеница Саратовская, на 8–12 дней, овес Львовский — на 2–3 дня, ячмень Казанский — на 2–5 дней [8, 10].

Экологическая чистота. Зерно полбы (в отличие от иных злаков) вследствие имеющейся у него плотной плодовой оболочки, показанной на рисунке 1, ограждено от влияния окружающей среды.

Плотная оболочка надежно защищает зерно полбы от засухи и дождей, от вредителей, болезнетворных микробов и их токсинов, радионуклидов, пестицидов, гербицидов и других загрязнений [7, 8, 11, 13]. Благодаря своему строению полба является единственной генетически неизменившейся с древних времен культурой и может служить хорошим сырьем для экологически чистых продуктов [7, 12, 14].

Особенности химического состава. Полба отличается от других видов пшеницы и большинства зерновых культур высоким содержанием и составом белков, липидов, пищевых волокон, витаминов, микроэлементов и биологически активных веществ [6–11, 13–22]. Содержание основных компонентов в ее зерне, по экспериментальным данным, и в некоторых других видах зерновых, по справочным данным, представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, зерно полбы по сравнению с другими видами зерна отличается наиболее высоким содержанием белка и углеводов и наименьшей влажностью. Отличительной особенностью полбы является равномерное распределение нутриентов по всему зерну полбы, поэтому при помоле все питательные вещества почти без потерь переходят в муку [8, 10, 13]. Количество компонентов в зерне полбы изменяется в широком диапазоне в зависимости от сорта, географической зоны выращивания, погодных условий и способа обработки растений [3, 5, 7–10, 12, 16, 21, 22].

Белки. Высокое содержание, состав и биологическая ценность белков особенно важны при подборе растительного сырья для альтернативных молочных напитков. Количество белков в зерне полбы, по данным разных авторов, составляет от 8,7 до 22,9% [3, 7–10, 15, 18, 19, 21–24]. Содержание белка в полбе сорта Волжская — 13,6% [8], сорта Гремме — 12–18% [7, 12, 15, 17], сорта Алькоран — 18% [7], а в зерне сорта Руно оно может быть от 13,0 до 19,5% [3, 7, 12, 25]. В зерне полбы местных сортов, выращенных в Южной Италии, количество белка 20,6–21,9%, а у произведенных на юге Словацкой Республики — от 13,26 до 14,17% [21]. Прохладная погода и сильное орошение в вегетационный период приводят к понижению концентрации белка в зерне, а сухая погода, наоборот, способствует повышению количества белка [5].

Биологическая ценность белка полбы определяется высоким содержанием в нем незаменимых аминокислот и хорошей перевариваемостью. Количество незаменимых аминокислот в белке зерна полбы составляет 29,70–34,42%, а заменимых — 65,58–70,30% [3, 8].

Содержание аминокислот в белке полбы некоторых сортов представлено в таблице 2.

Рис. 1. Схема строения зерна полбы (по Y. Sahin и др. с изм.)

Fig. 1. The scheme of the structure of the emmer grain (by Y. Sahin et al. with changes)



Таблица 1. Среднее содержание основных компонентов в зерне полбы и некоторых зерновых
Table 1. The average content of the main components in emmer grain and some cereals

| Компонент | Содержание в зерне, % | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| | полба* | овес ¹⁰ | рис ¹⁰ | гречиха ¹⁰ | пшеница ¹⁰ |
| Белки | 15,40 | 10,0 | 7,50 | 10,80 | 13,00 |
| Жиры | 3,20 | 6,20 | 2,60 | 3,20 | 2,50 |
| Углеводы, в том числе крахмал | 69,25 | 55,10 | 62,30 | 56,00 | 57,50 |
| Зола | 1,85 | 3,20 | 3,90 | 2,00 | 1,70 |
| Влажность | 10,30 | 13,50 | 14,00 | 14,00 | 14,00 |

Примечание: * по результатам данных исследований. Результат указан с расширенной неопределенностью U (при доверительной вероятности p = 0,95 и коэффициенте охвата k = 2).

Таблица 2. Аминокислотный состав белка полбы некоторых сортов
Table 2. Amino acid composition of emmer protein of some varieties

| Аминокислота | Содержание в зерне, г / 100 г | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|
| | сорт Гремме* | сорт Волжская** | сорт Приозерская*** |
| Незаменимые аминокислоты: | | | |
| валин | 0,660 | 0,850 | 0,854 |
| изолейцин | 0,540 | 0,650 | 0,657 |
| лейцин | 1,160 | 1,200 | 1,203 |
| лизин | 0,480 | 0,520 | 0,517 |
| метионин + цистеин | 0,640 | 0,675 | 0,674 |
| треонин | 0,500 | 0,470 | 0,469 |
| триптофан | 0,390 | 0,140 | 0,141 |
| фенилаланин | 0,850 | 1,000 | 0,997 |
| Заменимые аминокислоты: | | | |
| аланин | 0,600 | 0,600 | 0,605 |
| аргинин | 0,700 | 0,720 | 0,718 |
| аспарагиновая кислота | 0,930 | 0,950 | 0,947 |
| гистидин | – | 0,360 | 0,359 |
| глицин | 0,630 | 0,650 | 0,644 |
| глутаминовая кислота | 5,780 | 3,85 | 3,85 |
| пролин | – | 2,390 | 2,368 |
| серин | 0,920 | 0,470 | 0,471 |
| тирозин | 0,500 | 0,530 | 0,528 |

Примечание: * По [18], ** по [27], *** по [26].

Как видно из таблицы 2, в полбяном белке представлены в большом количестве все незаменимые аминокислоты. Скоры валина, лейцина, изолейцина, метионина с цистеином выше 90%, что близко к «идеальному белку» [8]. Лимитирующими аминокислотами являются лизин и треонин [3, 8, 18, 23], их скоры составляют, соответственно, 0,53% и 0,66% [8]. Однако содержание лизина в белке полбы примерно на 4% выше, чем в белке пшеницы [8, 23].

Белки полбы характеризуются высокой перевариваемостью, которая *in vitro* составляет 72–81%, что превосходит белки пшеницы [22, 23].

¹⁰ Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛи плюс, 2012; 284.

Содержание в зерне полбы фракций альбумина и глобулина составляет около 30–39%, на фракцию глиадина приходится около 37%, глютелина — примерно 29% от общего количества белка [21]. В муке из зерна сорта Волжская доля альбумина составляет 39,28%, глобулина — 23,45%, глиадина — 28,74%, а доля глютелина в нем составляет 8,53% от белкового азота [8].

Высокое содержание фракций альбумина и глобулина способствует хорошей усвояемости полбяного белка. Низкая (по сравнению с пшеницей) концентрация провоцирующего целиакию глиадина в белке [8], отсутствие или малое количество токсичных компонентов в его α - и γ -фракциях и даже полное отсутствие болезнетворных фракций в глиадине ряда сортов полбы [22] обуславливают перспективность использования зерна полбы в качестве сырья для продуктов диетического питания.

Липиды. Содержание липидов в зерне полбы колеблется от 0,99 до 3,8% [21–23, 28]. Оно понижается в случае высокой температуры воздуха и недостаточного количества осадков в вегетационный период. Компоненты липидов находятся в полбе как в свободном, так и в связанном с другими соединениями (белком, крахмалом и др.) виде [21].

Полбяной жир представляет собой смесь ацилглицеридов, в котором в зависимости от сорта содержание моноглицеридов составляет 0,30–0,50%, диглицеридов — 0,27–0,31%, а количество триглицеридов находится в диапазоне 73,80–74,00% [23]. В составе ацилглицеридов преобладают полиненасыщенные жирные кислоты — около 65%.

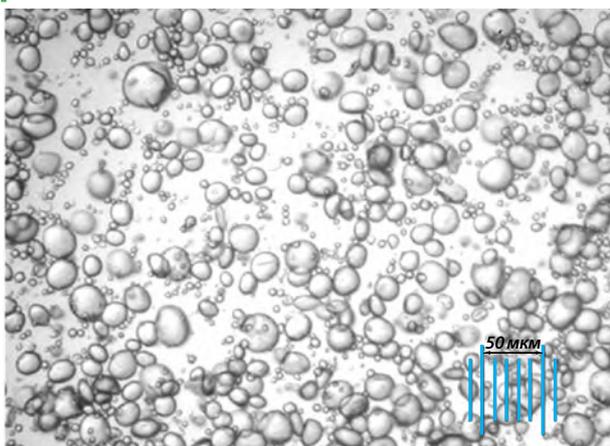
Содержание мононенасыщенных кислот в жире полбы составляет примерно 16%. На насыщенные жирные кислоты приходится около 19% [28]. Среди полиненасыщенных кислот преобладают линолевая $C_{18:2}$, ω -6 (54,0–61,9%) и линоленовая $C_{18:3}$, ω -3 (2,0–3,9%), мононенасыщенные кислоты представлены в основном олеиновой кислотой $C_{18:1}$ (15,2–23,1%). Из насыщенных доминирует пальмитиновая $C_{16:0}$ (13,6–20,8%), в небольшом количестве имеется стеариновая кислота $C_{18:0}$ (0,30–1,09%) [28, 29]. Соотношение олеиновой кислоты к пальмитиновой в жире полбы большинства тестируемых сортов около 1 [29].

Среди стероидов в зерне полбы превалирует β -ситостерин, на его долю приходится 2,8–2,9%, что на 0,8–0,9% выше, чем в пшенице [23]. Кроме β -ситостерина в злаке обнаружены кампестерин и стигмастерин [21].

Углеводы. Общее содержание углеводов в зерне полбы составляет 68,20–83,22% [15, 22]. Они включают крахмал, пищевые волокна и растворимые сахара.

Рис. 2. Микрофотография крахмальных зерен полбы [20]

Fig. 2. Micrograph of emmer starch grains [20]



Крахмал является основным углеводом и доминирующим компонентом зерна, на него приходится 48,9–75,0% [8, 16, 20–23]. Наиболее низкие значения, приведенные в работах [22, 23], можно объяснить, вероятно, способом обработки исследуемого зерна. Молекулы крахмала находятся в гранулах (или зернах) разного размера [16, 20]. На фотографии (рис. 2) видно наличие мелких, средних и крупных гранул в полбяном крахмале [20]. Размер гранул колеблется от 10 до 35 мкм, они имеют округлую или овальную форму [20, 26], наиболее крупные гранулы характеризуются чечевицеобразной формой [16]. Зерна крахмала полбы достаточно прочно связаны с белковой матрицей [26].

Форма и размер крахмальных гранул оказывают значительное влияние на температуру клейстеризации крахмала. С увеличением размера гранул начальная температура клейстеризации и температура максимальной вязкости клейстера понижаются, а сама максимальная вязкость клейстера повышается [20].

Крахмал состоит из амилозы и амилопектина, строение которых показано на рисунке 3.

Молекулы амилозы являются линейными, они состоят из остатков глюкозы, связанных α -(1-4) связями. Молекулы амилопектина сильно разветвлены, в основной и боковых их цепях остатки глюкозы связаны α -(1-4) связями, боковые цепи связаны с основной α -(1-6) связями, а отходят от нее через каждые 24–30 глюкозных остатков. Молекулы амилопектина, несмотря на их сильную разветвленность, более компактны по сравнению с амилозой, а значит, и более устойчивы к гидролитическим ферментам в процессе пищеварения. При ферментативном гидролизе под действием α - и β -амилазы амилоза в основном расщепляется до мальтозы, а из амилопектина образуется около 60% мальтозы и 40% декстрина [16].

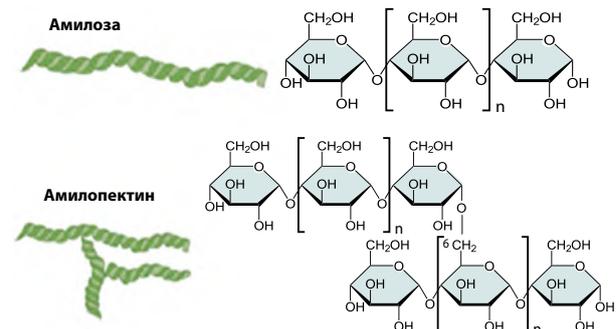
В крахмале полбы определены невысокое содержание амилозы и повышенное количество амилопектина [16, 20, 22]. Содержание амилозы в нем варьирует от 19,4 до 26,3% [20, 22]. По результатам [20] концентрация в полбе амилозы составляет 23,3%, а амилопектина 76,7%.

Соотношение фракций амилозы и амилопектина в крахмале, так же как и размер зерен, влияет на реологические свойства клейстера. Зерна с высоким количеством амилопектина и крупного размера медленнее набухают и клейстеризуются [16, 22]. Повышенное количество амилопектина в крахмале полбы обуславливает преобладание в нем упорядоченной плотной кристаллической структуры над аморфной и, следовательно, его высокую устойчивость к перевариванию.

Характерной особенностью полбяного крахмала является его невысокая усвояемость. Медленно

Рис. 3. Структура молекул амилозы и амилопектина [16]

Fig. 3. The structure of amylose and amylopectin molecules [16]



усваиваемый крахмал составляет около половины, а резистентный — примерно пятую часть от общего содержания крахмала в полбе [22].

Одна из отличительных черт полбы — высокое количество в ней пищевых волокон. Содержание пищевых волокон в зерне и цельносмолотой муке полбы выше, чем в пшенице, овсе, рисе, и составляет, по данным различных исследователей, от 7,2 до 20,7% сухого вещества [16, 19, 21, 22]. В составе пищевых волокон полбы различают арабиноксилан, β -глюкан, глюкоманнан, целлюлозу, лигнин. Компоненты неодинаково распределены по полбяному зерну. Плодовая оболочка зерна богата лигнином, арабиноксиланом и целлюлозой. Клетки алейрона, кроме лигнина, арабиноксилана и целлюлозы, включают β -глюкан и глюкоманнан [21, 22]. Количество компонентов пищевых волокон в полбе, по данным [22], представлено в таблице 3.

Все компоненты пищевых волокон полбы оказывают положительное физиологическое воздействие на организм человека [21, 22].

Общее количество сахаров в полбе, по данным разных авторов, 2,39–5,82% [8, 23]. Среди них преобладает мальтоза, на которую приходится около 2% [26].

Кроме перечисленных углеводов, в полбе обнаружены белково-углеводные комплексы — мукополисахариды, способствующие повышению иммунитета человека [30, 31].

Минеральные вещества. Зерно полбы является источником многих макро- и микроэлементов [4, 8, 10, 16–19, 23]. Оно богато железом, цинком, марганцем, калием, селеном [6, 16, 18, 19]. При возделывании без использования химических удобрений полба превосходит пшеницу по содержанию минеральных веществ [4, 16]. Содержание основных минеральных веществ в зерне полбы, по данным [16], представлено в таблице 4.

Содержание селена в муке полбы сорта Волжская, по данным [8], составляет 2,5 мкг / 100 г.

Биологически активные компоненты полбы

Витамины

Полбяное зерно полбы богато витаминами групп В [6–8, 16, 19, 21–23], Е и каротиноидами [16, 19, 21–23].

Злак является важным источником тиамин (B_1), рибофлавина (B_2), ниацина (B_3), пиридоксина (B_6) и фолиевой кислоты (B_9) [16, 21].

Фолиевая кислота необходима для нормального функционирования кровеносной и иммунной систем человека. Витаминными свойствами обладает не только сама фолиевая кислота, но и ее производные (фолаты). Общее название витамина — фолиевая кислота (фолацин, B_9). В ядре полбы наиболее представлен 5-НСО- H_4 -фолат [16]. Содержание фолацина в нем составляет 0,69 мг/г сухого веса [16].

Тиамин (B_1) входит в состав активной группы ферментов — декарбоксилаз, поэтому играет важную роль в процессах обмена жиров, белков, углеводов. Недостаток витамина вызывает расстройство нервной системы и полиневрит. Количество тиамина в зерне полбы — 0,33 мг / 100 г [21].

Рибофлавин (B_2) входит в состав активных групп ряда окислительно-восстановительных ферментов. Его недостаток приводит к нарушению процессов окисления питательных веществ, замедляется рост. В полбяном зерне обнаружено около 0,108 мг / 100 г рибофлавина [21].

Ниацин (B_3) необходим для построения дегидрогеназ, его недостаток служит причиной расстройства

Таблица 3. Содержание основных компонентов пищевых волокон в зерне полбы [22]

Table 3. The content of the main components of dietary fiber in emmer grain [22]

| Компонент | Содержание, % |
|-------------------------------|---------------|
| Нерастворимые пищевые волокна | 6,91–18,28 |
| Растворимые пищевые волокна | 1,20–3,48 |
| Арабиноксилан (всего) | 1,40–2,20 |
| Водорастворимый арабиноксилан | 0,15–0,55 |
| β -глюкан | 0,30–0,40 |
| Лигнин | 1,95–2,65 |

Таблица 4. Содержание основных минеральных веществ в зерне полбы [16]

Table 4. The content of major minerals in emmer grain [16]

| Макроэлементы | Содержание, г/кг | Микроэлементы | Содержание, мг/кг |
|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| Калий | 4,4 | Цинк | 54 |
| Фосфор | 5,1 | Железо | 49 |
| Сера | 1,9 | Марганец | 24 |
| Магний | 1,7 | Медь | 4,1 |
| Кальций | 0,4 | Натрий | 12 |

Таблица 5. Содержание некоторых витаминов группы В в муке полбы сорта Волжская [по 8]

Table 5. The content of some В vitamins in Volzhskaya emmer flour [8]

| Витамин | Количество, мг / 100 г | Суточная потребность взрослого человека ¹¹ |
|--------------------------------|------------------------|---|
| Тиамин (B_1) | 0,25 | 1,50 мг |
| Рибофлавин (B_2) | 0,08 | 1,80 мг |
| Пантатеновая кислота (B_3) | 0,50 | 5,00 мг |
| Пиридоксин (B_6) | 0,22 | 2,00 мг |
| Фолацин (B_9) | 35,50 | 400,00 мкг |

Таблица 6. Содержание основных токоферолов в зерне полбы, мкг/г [по 16]

Table 6. The content of main tocopherols in emmer grain, μ g/g [16]

| α -токоферол | β -токоферол | α -токонитриенол | β -токонитриенол |
|---------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| 6,11–14,50 | 3,10–10,86 | 1,58–7,24 | 7,81–46,96 |

нервной системы и пищеварения, заболеваний кожи. Витаминной активностью ниацина обладают никотиновая кислота и ее амид. Никотиновая кислота может синтезироваться в организме человека из триптофана.

Пиридоксин (B_6) входит в состав ферментов, катализирующих реакции переаминирования и декарбоксилирования ряда аминокислот.

Витамины группы В необходимы для роста молочнокислых и других пробиотических бактерий, а также дрожжей, входящих в состав стартовых культур ферментированных напитков.

Содержание витаминов группы В в муке полбы сорта Волжская, по данным [8], представлено в таблице 5.

Витамин Е (токоферол) является сильнейшим антиоксидантом, он защищает клеточные мембраны и липопротеины от окислительного повреждения. Необходим для функционирования репродуктивной и сердечно-сосудистой систем, предотвращает образование в сосудах атеросклеротических бляшек, обладает нейропротекторными свойствами. Представляет собой группу жирорастворимых витаминов, включающую токоферолы и токонитриенолы. В организм человека попадает только из растительных продуктов. В зерне полбы витамин Е представлен группой α -, β -токоферолов и α -, β -токонитриенолов, среди которых преобладает β -токонитриенол [16]. Содержание основных токоферолов в злаке представлено в табл. 6.

Общее содержание токоферолов в зерне полбы колеблется от 19,7 до 67,92 мкг/г [23]. Суточная физиологическая потребность в витамине Е для взрослых¹¹ составляет 15 мг ток. экв.

¹¹ МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

Витамин А активно участвует в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в организме человека, он повышает сопротивляемость организма к инфекциям, играет важную роль в поддержании здоровья глаз. Провитаминами А являются каротиноиды, представляющие большую группу жирорастворимых соединений. Наибольшей провитаминой активностью характеризуется β -каротин. В зерне полбы общее количество каротиноидов колеблется от 1,63 до 4,90 мкг/г [22], среди каротиноидов преобладает лютеин, в небольших количествах присутствуют зеаксантин и β -криптоксантин. α - и β -каротины в полбе обнаружены в незначительном количестве или в виде следов [16, 21, 22]. Содержание каротиноидов в зерне полбы представлено в таблице 7.

Суточная физиологическая потребность в витамине А для взрослых (согласно МР 2.3.1.0253-21) составляет 900 мкг эквивалентов ретинола (1 мкг эквивалентов ретинола равен 12 мкг β -каротина или 24 мкг других каротиноидов).

Фенольные соединения

Одна из основных групп биологически активных соединений, присутствующих в пшеничном зерне [16, 22]. В зерне полбы наиболее представлены феруловая, *p*-кумаровая, синрингиновая ванилиновая и *p*-гидроксибензойная кислоты. Содержание основных фенольных кислот в нем представлено в таблице 8.

Как видно в таблице 8, в зерне полбы феруловая кислота преобладает среди фенольных соединений. Ее содержание варьирует от 236,30 до 816,00 мкг/г, по данным [16], и от 323 до 759 мкг/г, по данным [22]. Далее следует *p*-кумаровая кислота, количество которой колеблется от 21,80 до 294,00 мкг/г [16]. Содержание синрингиновой, ванилиновой и *p*-гидроксибензойной кислот находится в диапазоне 1,70–4,10, 2,40–7,80 и 1,10–7,29 мкг/г соответственно [16].

Кроме названных кислот, в зерне полбы обнаружена галловая кислота в количестве 5,19 мг/кг сухого веса, а также рутин (14,6 мг/кг сухого веса) [32] и липофильный полифенол алкилрезорцин, его содержание составило 531–714 (среднее 581) мкг/г сухого веса [16].

Ферментация смеси муки полбы и воды стартовыми культурами приводит к увеличению концентрации биологически активных полифенолов, пептидов и свободных аминокислот [32].

Функциональные свойства полбы

Высокое содержание, биологическая ценность и состав белков, липидов, пищевых волокон, устойчивого крахмала, витаминов и фенольных соединений обуславливают антиоксидантные, противодиабетические, холестеринпонижающие, антиканцерогенные, противовоспалительные, антимикробные, иммуномодулирующие свойства зерна полбы и продуктов из него.

Антиоксидантная активность полбы связана с наиболее высоким (по сравнению со многими злаками) содержанием в ней витамина Е, фенольных соединений и каротиноидов [16, 22, 23, 32].

Антиоксидантные свойства соединений полбы основаны на их способности захватывать реактивные радикалы в молекулах клеточных мембран или повышать активность антиоксидантных ферментов, предохраняя клетки от разрушения. Антиоксидантная активность характеризуется способностью нейтрализации радикалов или подавления окислительных реакций соединениями.

Все витаминеры Е служат антиоксидантами, но наиболее мощными являются токотриенолы, активность которых растет от α - к δ -форме [16, 21, 33]. В составе витамина Е, находящегося в полбе, преобладает

Таблица 7. Содержание основных каротиноидов в зерне полбы, мкг/г [по 16]

Table 7. The content of the main carotenoids in emmer grain, $\mu\text{g/g}$ [16]

| Лютеин | Зеаксантин | β -криптоксантин |
|-----------|------------|------------------------|
| 0,78–3,97 | 0,16–0,67 | 0,09–0,17 |

Таблица 8. Среднее содержание основных фенольных соединений в зерне полбы, мкг/г [по 16]

Table 8. The average content of the main phenolic compounds in emmer grain, $\mu\text{g/g}$ [16]

| Феруловая кислота | <i>p</i> -кумаровая кислота | Синрингиновая кислота | Ванилиновая кислота | <i>p</i> -гидроксибензойная кислота |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 617,31 | 102,89 | 2,98 | 4,25 | 2,44 |

β -токотриенол, вторым по количеству является α -токотриенол (табл. 6). Отношение «токотриенол — токоферол» в злаке составляет около 3,6, что почти вдвое превышает этот показатель у обычной пшеницы [21, 22].

Каротиноиды полбы как липофильные соединения могут эффективно диффундировать через клеточные мембраны и защищать целостность клеточных мембран от разрушения активными формами кислорода [16].

Эпидемиологические исследования показали, что фенольные соединения полбы являются сильнейшими ингибиторами окисления липопротеинов низкой плотности [22].

Противодиабетические свойства пищи определяются скоростью переваривания ее углеводов. Полба относится к продуктам с низким гликемическим индексом (ГИ). Ее гипогликемические свойства полбы обусловлены преобладанием в зерне медленно перевариваемого и резистентного крахмала [22, 23, 32]. Высокий уровень устойчивого к перевариванию крахмала объясняется повышенным количеством в нем амилопектина и преобладанием кристаллической структуры над аморфной [20, 22]. Перевариваемость полбяного крахмала снижают фенольные соединения, содержащиеся в полбе. Они могут приводить к ингибированию всасывания глюкозы в кишечнике или к ее поглощению периферическими тканями [16].

Имеются данные о способности полифенолов полбы ингибировать активность α -амилазы и α -глюкозидазы, что приводит к понижению в крови уровня постпрандиальной глюкозы [22]. Кроме этого, уровень переваривания крахмала могут понижать комплексы, образующиеся между ним и жирными кислотами [34]. Понижению уровня глюкозы в крови способствуют и пищевые волокна полбы. По данным [22], арабиноксиланы показывают положительный эффект у людей с диабетом II типа. Продукты из полбы можно употреблять больным диабетом людям [16, 22, 23, 32].

Гипохолестеринемические свойства полбы обусловлены возможностью ее компонентов регулировать в организме метаболизм холестерина [8, 16, 22]. Повышенный уровень в плазме крови общего холестерина и липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) приводит к образованию атеросклеротических бляшек и затем к заболеваниям сердечно-сосудистой системы. Способностью понижать общий уровень холестерина и ЛПНП характеризуются β -ситостерин и другие фитостерины в составе полбы. β -ситостерин благодаря структурному сходству с холестерином блокирует всасывание последнего в тонком кишечнике [16]. Витамин Е и фенольные соединения полбы, защищая липопротеины от окислительного повреждения, предотвращают или снижают образование атеросклеротических бляшек, вызванных холестерином. Фенольные кислоты и

полифенолы также уменьшают повреждения внутренней оболочки сосудов, приводящие к образованию бляшек [16].

Включение в рацион больных диабетом в течение 6 недель продуктов из муки полбы, по данным [22], понижало в крови пациентов уровни общего холестерина (на 11%) и ЛПНП (на 11%). Гипохолестеринемический эффект дают и растворимые пищевые волокна полбы. Выраженные холестеринпонижающие свойства полбы позволяют рекомендовать продукты из нее пациентам, страдающим от повышенного уровня холестерина в крови [22].

Антиканцерогенную активность проявляют пищевые волокна [8, 22], фенолы [16, 32] и каротиноиды полбы [16]. Пищевые волокна, как нерастворимые, так и растворимые, благодаря своим гидрофильным, сорбционным свойствам и неперевариваемости в тонком кишечнике понижают всасываемость слизистой оболочкой кишечника токсичных канцерогенных веществ и способствуют их быстрому выведению из организма.

Быстрое удаление канцерогенных веществ понижает риск развития раковых опухолей. Целлюлоза, арабиноксилан, β -глюкан и лигнин в составе полбы защищают от онкологических заболеваний [16, 22]. Фенолы полбы влияют на метаболиты проканцерогенов, подавляя активность ферментов, участвующих в реакциях их активации. Показано, что полифенолы таким образом могут защищать от рака простаты [16]. Снижению развития рака легких, простаты, пищевода, гортани и глотки способствуют каротиноиды полбы [16]. Фитостерины злака могут играть роль в предотвращении рака толстой кишки [21].

Сообщается, что полифенолы и каротиноиды полбы обладают противомикробным и иммуномодулирующим действием. Высокое содержание лютеина способствует улучшению здоровья глаз, пищевые волокна — похудению за счет усиления перистальтики и расслабления кишечника, а также возникновения чувства сытости [22]. В работе [16] указывается на возможное антитромботическое действие полифенолов полбы вследствие ингибирования активности циклооксидазы, предотвращающей агрегацию тромбоцитов.

Противовоспалительными свойствами обладают токолы полбы, а фолацин участвует в процессах свертывания крови [16].

Выводы/Conclusions

Полба (*Triticum dicoccum*) характеризуется высокой пищевой ценностью, обусловленной наибольшим (по сравнению со многими зерновыми культурами) содержанием: белка с высокими скором незаменимых аминокислот и усвояемостью; полиненасыщенных жирных кислот; пищевых волокон; железа, цинка, марганца; витаминов E и группы B, каротиноидов и фенольных веществ.

Содержание основных нутриентов в полбе сорта Руно, выращенной в 2022 году в Алтайском крае: белка — 15,40%, жира — 3,20%, углеводов — 69,25%; крахмала — 62,80% в пересчете на сухое вещество.

Содержание компонентов в полбе варьируется в широком диапазоне в зависимости от сорта, условий возделывания культуры и климатических факторов. Согласно литературным данным, диапазон содержания основных компонентов в ней следующий: белков — 8,70–22,90%, липидов — 0,99–3,80%, углеводов — 68,20–83,22%. Полученные экспериментальные результаты согласуются с опубликованными научными данными.

Преобладание медленно перевариваемого и резистентного крахмала определяет низкий GI полбы и возможность ее употребления диабетиками.

Содержание и состав пищевых волокон, витаминов, каротиноидов, фенольных соединений обуславливают антиоксидантную, гипохолестеринемическую, антиканцерогенную, противовоспалительную, противомикробную и иммуномодулирующую активность полбы.

Вследствие ценности химического состава и функциональных свойств зерно полбы может быть основой напитков для диетического питания и профилактики сердечно-сосудистых патологий, сахарного диабета, рака и других болезней.

Использование полбы в качестве сырья для альтернативных напитков с функциональными свойствами позволит расширить их ассортимент и является перспективным.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Nawaz M.A., Tan M., Øiseth S., Buckow R. An Emerging Segment of Functional Legume-Based Beverages: A Review. *Food Reviews International*. 2022; 38(5): 1064–1102. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1762641>
- Fernandes C.G., Sonawane S.K., Arya S.S. Cereal based functional beverages: a review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021; 8(3): 914–919. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018-19.8.3.914-919>
- Хмелева Е.В. Использование зерна полбы в технологии зернового хлеба повышенной пищевой ценности. *Индустрия питания*. 2023; 8(1): 64–73. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-1-7>
- Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., Филиппова Е.А., Козлова Т.А. Полба — перспективная культура для органического земледелия. *Зерновое хозяйство России*. 2018; (4): 6–11. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-6-11>
- Фляксберггер К.А. Пшеницы. Монография. 2-е изд. (испр. и доп.). М.; Л.: *Сельхозгиз*. 1938; 296.
- Темирбекова С.К., Ионов Э.Ф., Ионова Н.Э., Афанасьева Ю.В. Использование древних видов пшеницы для укрепления иммунной системы детского организма. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2014; (1–2): 46–48. <https://www.elibrary.ru/welarz>
- Zverev S.V., Pankratyeva I.A., Chirkova L.V., Politukha O.V., Vitol I.S., Starichenkov A.A. Исследование свойств полбы. *Хлебопродукты*. 2016; (1): 66–67. <https://www.elibrary.ru/vdgnbz>

REFERENCES

- Nawaz M.A., Tan M., Øiseth S., Buckow R. An Emerging Segment of Functional Legume-Based Beverages: A Review. *Food Reviews International*. 2022; 38(5): 1064–1102. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1762641>
- Fernandes C.G., Sonawane S.K., Arya S.S. Cereal based functional beverages: a review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021; 8(3): 914–919. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018-19.8.3.914-919>
- Khmeleva E.V. Spelt Grain Use in the Technology of Grain Bread of Increased Nutritional Value. *Food Industry*. 2023; 8(1): 64–73 (in Russian). <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-1-7>
- Gilev S.D., Tsybalyenko I.N., Kopylov A.N., Filippova E.A., Kozlova T.A. Emmer wheat is a promising grain crop for organic agriculture. *Grain Economy of Russia*. 2018; (4): 6–11 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-6-11>
- Flaksberger K.A. Wheat. Monograph. 2nd ed. (ispr. and add.). M.; L.: *Sel'khozgiz*. 1938; 296 (in Russian).
- Temirbekova S.K., Ionov E.F., Ionova N.E., Afanasieva Yu.V. Using of ancient wheat species to strengthen the immune system of children's body. *Agrarian Reporter of South-East*. 2014; (1–2): 46–48 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/welarz>
- Zverev S.V., Pankratyeva I.A., Chirkova L.V., Politukha O.V., Vitol I.S., Starichenkov A.A. Study of the properties of spelled. *Khleboproducty*. 2016; (1): 66–67 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vdgnbz>

8. Крюкова Е.В., Лейберова Н.В., Лихачева Е.И. Исследование химического состава полбяной муки. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2014; 2(2): 75–81. <https://www.elibrary.ru/sechlh>
9. Семерова Е.Б., Чулков В.А. Влияние нормы высева на продуктивность полбы сорта Руно в условиях Среднего Урала. *Молодежь и наука*. 2022; (9): 75–79. <https://www.elibrary.ru/rkrwyd>
10. Юков В.В. Волжская полба и продукты ее переработки. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2005; (1): 23–26. <https://www.elibrary.ru/mnmhyb>
11. Муслимов М.Г., Исмаилов А.Б. Полба — ценная зерновая культура. *Зерновое хозяйство России*. 2012; (3): 40–42. <https://elibrary.ru/ozkodx>
12. Тюнин В.А., Шрейдер Е.Р., Бондаренко Е.П., Гунько Г.В., Савков Н.Н. Ценная зерновая культура полба. *АПК России*. 2017; 24(3): 649–654. <https://elibrary.ru/zxnbsj>
13. Шнайдер Н.В. Перспективы использования полбяной муки в технологии приготовления печенья овсяного. *Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. 2019; 247–249. <https://www.elibrary.ru/twfqvr>
14. Санжаровская Н.С., Сокол Н.В., Шарифуллина Ю.Б. Совершенствование рецептурного состава бисквитного полуфабриката с использованием муки из полбы. *Ползуновский вестник*. 2021; (2): 14–19. <https://www.elibrary.ru/fuuvyx>
15. Кандроков Р.Х., Бегаулов М.Ш., Ткач А.Н., Игонин В.Н., Поречная Е.С. Сравнительная характеристика мукомольных свойств новых сортов зерна пшеницы, тритикале и полбы. *Вестник МГТУ*. 2021; 24(3): 299–305. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-3-299-305>
16. Şahin Y., Karakas F.P. Chemical Composition of Einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*), Emmer (*Triticum dicoccum*), and Spelt (*Triticum spelta*). Zencirci N., Ulukan H., Baloch F.S., Mansoor S., Rasheed A. (eds.). *Ancient Wheats*. Cham: Springer. 2022; 119–145. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07285-7_6
17. Осипова Г.А., Хмелева Е.В. Использование зерна полбы сорта Гремме в макаронном производстве. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023; (1): 190–199. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.378>
18. Темирбекова С.К., Бегаулов М.Ш., Афанасьева Ю.В., Куликов И.М., Ионова Н.Э. Адаптивный потенциал полбы голозерной в условиях второго, третьего и седьмого регионов Российской Федерации. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2020; (1): 34–38. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/34-38>
19. Фазуллина О.Ф., Смирнов С.О. Исследование пищевой ценности макаронных изделий из полбы с растительными добавками. *Индустрия питания*. 2020; 5(2): 61–70. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2020-5-2-8>
20. Винокуров А.Ю., Королев Д.Н., Пенкова Ю.В., Андреев Н.Р., Лукин Н.Д., Гольдштейн В.Г. Сравнительный анализ состояния крахмального комплекса зерна полбы и мягкой пшеницы. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2016; (6): 11–16. <https://elibrary.ru/xroit>
21. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon Schrank*): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017; 18(1): 117–134. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>
22. Dhanavath S., Prasada Rao U.J.S. Nutritional and Nutraceutical Properties of *Triticum dicoccon* Wheat and Its Health Benefits: An Overview. *Journal of Food Science*. 2017; 82(10): 2243–2250. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13844>
23. Kuznetsova E. et al. Composition, quality characteristics and microstructure of the grain *Triticum dicoccon*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019; 13(1): 933–940. <https://doi.org/10.5219/1174>
24. Дятлова М.В., Шайкова Т.В., Волкова Е.С. Сортовая агротехника возделывания полбы сорта Псковитянка. *Аграрный научный журнал*. 2023; (3): 27–34. <http://doi.org/10.28983/asj.y2023i3pp27-34>
25. Дорошев В.С., Стружкова Е.А. Полба — актуальность возрождения несправедливо забытой зерновой культуры. *Вестник студенческого научного общества*. 2017; 8(1): 79–81. <https://elibrary.ru/xmiakd>
26. Красильников В.Н., Баженова И.А., Смоленцева А.А. Физико-химические, товароветные и технологические свойства зерна полбы (*Triticum dicoccon Schrank*). *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2005; (1): 37–39. <https://elibrary.ru/yliwov>
27. Чугунова О.В., Крюкова Е.В. Агробиологические свойства полбы как нетрадиционного сырья для производства мучных кондитерских изделий. *Научный вестник*. 2015; (3): 90–100. <http://doi.org/10.17117/nv.2015.03.090>
28. Filipović J., Ivkov M., Košutić M., Filipović V. Ratio of omega-6/omega-3 fatty acids of spelt and flaxseed pasta and consumer acceptability. *Czech Journal of Food Sciences*. 2016; 34(6): 522–528. <https://doi.org/10.17221/384/2015-CJFS>
29. Majewska K., Dąbkowska E., Grabowska E., Tyburski J., Czaplicki S. Composition of fatty acids in dark flour from spelt and common wheat grain grown organically in Poland. *Polish Journal of Natural Sciences*. 2018; 33(1): 75–88.
8. Kryukova E.V., Leiberova N.V., Likhacheva E.I. Study of the chemical composition of emmer wheat flour. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2014; 2(2): 75–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sechlh>
9. Semerova E.B., Chulkov V.A. The influence of the seeding rate and application of fertilizers on productivity of spelt variety Fleece in the conditions of the Middle Urals. *Youth and science*. 2022; (9): 75–79 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rkrwyd>
10. Yukov V.V. Volga spelt and products of its processing. *Izvestiya vuzov. Food Technology*. 2005; (1): 23–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mnmhyb>
11. Muslimov M.G., Ismailov A.B. Spelt as a valuable grain crop. *Grain Economy of Russia*. 2012; (3): 40–42 (in Russian). <https://elibrary.ru/ozkodx>
12. Tyunin V.A., Shreider E.R., Bondarenko N.P., Gunko G.V., Sovkov N.N. Polba wheat as a valuable cereal crop. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2017; 24(3): 649–654 (in Russian). <https://elibrary.ru/zxnbsj>
13. Shneider N.V. Prospects for the use of spelt flour in the technology of making oatmeal cookies. *The state and prospects of development of the best available technologies for specialized food products. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. 2019; 247–249 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/twfqvr>
14. Sanzharovskaya N.S., Sokol N.V., Sharifullina Yu.B. The recipe composition improvement of the biscuit semi-finished product with the use of emmer wheat flour. *Polzunovskiy vestnik*. 2021; (2): 14–19 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fuuvyx>
15. Kandrovok R.H., Begeulov M.Sh., Tkach A.N., Igonin V.N., Porechnaya E.S. New varieties of wheat, triticale and spelt grains: Comparative characteristics of milling properties. *Vestnik of MSTU*. 2021; 24(3): 299–305 (in Russian). <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-3-299-305>
16. Şahin Y., Karakas F.P. Chemical Composition of Einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*), Emmer (*Triticum dicoccum*), and Spelt (*Triticum spelta*). Zencirci N., Ulukan H., Baloch F.S., Mansoor S., Rasheed A. (eds.). *Ancient Wheats*. Cham: Springer. 2022; 119–145. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07285-7_6
17. Osipova G.A., Khmeleva E.V. The Use of Spelt Grain of the Gremme Variety in Pasta Production. *Storage and Processing of Farm Products*. 2023; (1): 190–199 (in Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.378>
18. Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Afanasieva Yu.V., Kulikov I.M., Ionova N.E. Adaptive capacity of einkorn huskless in the second, third and seventh Russian Federation regions. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2020; (1): 34–38 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/34-38>
19. Fazullina O.F., Smirnov S.O. Nutritional Value Research of Spelt Pasta with Vegetable Additives. *Food Industry*. 2020; 5(2): 61–70 (in Russian). <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2020-5-2-8>
20. Vinokurov A.Yu., Korolev D.N., Penkova Yu.V., Andreev N.R., Lukin N.D., Goldshtein V.G. Comparative analysis of grain spelt's and wheat's starch complex. *Technology and the study of merchandise of innovative foodsuffs*. 2016; (6): 11–16 (in Russian). <https://elibrary.ru/xroit>
21. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon Schrank*): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017; 18(1): 117–134. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>
22. Dhanavath S., Prasada Rao U.J.S. Nutritional and Nutraceutical Properties of *Triticum dicoccon* Wheat and Its Health Benefits: An Overview. *Journal of Food Science*. 2017; 82(10): 2243–2250. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13844>
23. Kuznetsova E. et al. Composition, quality characteristics and microstructure of the grain *Triticum dicoccon*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019; 13(1): 933–940. <https://doi.org/10.5219/1174>
24. Dyatlova M.V., Shaykova T.V., Volkova E.S. Variety agrotechnology for cultivation of spelt varieties Pskovityanka. *Agrarian Scientific Journal*. 2023; (3): 27–34 (in Russian). <http://doi.org/10.28983/asj.y2023i3pp27-34>
25. Doroshev V.S., Struzhkova E.A. Spelt — the relevance of the revival of an unfairly forgotten grain crop. *Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva*. 2017; 8(1): 79–81 (in Russian). <https://elibrary.ru/xmiakd>
26. Krasilnikov V.N., Bazhenova I.A., Smolentseva A.A. Physico-chemical, commodity and technological properties of spelt grain (*Triticum dicoccon Schrank*). *Storage and Processing of Farm Products*. 2005; (1): 37–39 (in Russian). <https://elibrary.ru/yliwov>
27. Chugunova O.V., Kryukova E.V. Agronomic properties of spelt as unconventional raw materials for production of flour confectionery products. *Nauchnyy vestnik*. 2015; (3): 90–100 (in Russian). <http://doi.org/10.17117/nv.2015.03.090>
28. Filipović J., Ivkov M., Košutić M., Filipović V. Ratio of omega-6/omega-3 fatty acids of spelt and flaxseed pasta and consumer acceptability. *Czech Journal of Food Sciences*. 2016; 34(6): 522–528. <https://doi.org/10.17221/384/2015-CJFS>
29. Majewska K., Dąbkowska E., Grabowska E., Tyburski J., Czaplicki S. Composition of fatty acids in dark flour from spelt and common wheat grain grown organically in Poland. *Polish Journal of Natural Sciences*. 2018; 33(1): 75–88.

30. Khmeleva E., Berezina N., Khmelev A., Romyantseva V., Kunitsyna T., Rogacheva Yu. Emmer wheat (*Triticum dicoccum* (schr.) schuebl.) in the technology of whole-wheat bread production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 640: 022026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022026>
31. Patrakova I.S., Seregin S.A., Gurinovich G.V., Myshalova O.M., Patshina M.V., Sannikov P.V. Cutlet formulas with spelt and thistle seeds flour balanced by amino acid composition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 640: 022027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022027>
32. Gabriele M., Arouna N., Árvay J., Longo V., Pucci L. Sourdough Fermentation Improves the Antioxidant, Antihypertensive, and Anti-Inflammatory Properties of *Triticum dicoccum*. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(7): 6283. <https://doi.org/10.3390/ijms24076283>
33. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В., Потороко И.Ю. Токоферолы и токотриенолы: свойства, функции, природные источники. Аналитический обзор. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2021; 9(1): 68–81. <https://www.elibrary.ru/nqqrqs>
34. Бучилина А.С., Гунькова П.И., Ишевский А.Л., Баракова Н.В., Москвичева Е.В., Фомичева Т.И. Функциональные и пребиотические свойства семян гречихи. *Вестник Международной академии холода*. 2021; (4): 45–52. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2021-20-4-45-52>

ОБ АВТОРАХ

- Полина Исаевна Гунькова¹**
кандидат технических наук, доцент
polinagunkova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9899-6288>
- Андрей Алексеевич Трофимов¹**
аспирант
nutrof@vk.com
<https://orcid.org/0009-0002-8486-7359>
- Алина Сергеевна Бучилина¹**
кандидат технических наук
alina.buchilina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4804-047X>
- Надежда Васильевна Баракова¹**
кандидат технических наук, доцент
n.barakova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7296-8609>
- Александр Леонидович Ишевский¹**
доктор технических наук, профессор
ishev.53@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2065-5242>
- Николай Несторович Максимюк²**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
nmm93@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-6634-7638>

¹ Национальный исследовательский университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, литера А, Санкт-Петербург, 197101, Россия

² Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41, Великий Новгород, 173003, Россия

30. Khmeleva E., Berezina N., Khmelev A., Romyantseva V., Kunitsyna T., Rogacheva Yu. Emmer wheat (*Triticum dicoccum* (schr.) schuebl.) in the technology of whole-wheat bread production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 640: 022026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022026>
31. Patrakova I.S., Seregin S.A., Gurinovich G.V., Myshalova O.M., Patshina M.V., Sannikov P.V. Cutlet formulas with spelt and thistle seeds flour balanced by amino acid composition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 640: 022027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022027>
32. Gabriele M., Arouna N., Árvay J., Longo V., Pucci L. Sourdough Fermentation Improves the Antioxidant, Antihypertensive, and Anti-Inflammatory Properties of *Triticum dicoccum*. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(7): 6283. <https://doi.org/10.3390/ijms24076283>
33. Nilova L.P., Pilipenko T.V., Potoroko I.Yu. Tocopherols and tokotrienols: properties, functions, natural sources. Analytical review. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2021; 9(1): 68–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nqqrqs>
34. Buchilina A.S., Gunkova P.I., Ishevsky A.L., Barakova N.V., Moskvicheva E.V., Fomicheva T.I. Functional and prebiotic properties of buckwheat. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021; (4): 45–52 (in Russian). <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2021-20-4-45-52>

ABOUT THE AUTHORS

- Polina Isaevna Gunkova¹**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
polinagunkova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9899-6288>
- Andrey Alekseevich Trofimov¹**
Graduate Student
nutrof@vk.com
<https://orcid.org/0009-0002-8486-7359>
- Alina Sergeevna Buchilina¹**
Candidate of Technical Sciences
alina.buchilina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4804-047X>
- Nadezhda Vasilyevna Barakova¹**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
n.barakova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7296-8609>
- Alexander Leonidovich Ishevsky¹**
Doctor of Technical Sciences, Professor
ishev.53@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2065-5242>
- Nikolai Nestorovich Maksimyuk²**
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
nmm93@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-6634-7638>

¹ ITMO University, 49, litera A Kronverksky Prospekt, Saint Petersburg, 197101, Russia

² Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 41 Bolshaya St. Petersburg Str., Veliky Novgorod, 173003, Russia