

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2026-9-2-208-215>

Поступила 21.01.2026

Поступила после рецензирования 07.05.2026

Принята в печать 12.05.2026

© Панкратов И. В., Куликов Д. С., Королев А. А., Калугина З. И., Буданов А. В., 2026

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Открытый доступ

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУБЛИМИРОВАННОГО СОКА И ВЫЖИМКИ РОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ИЗ ЗЕРНА СОРТА «ЮБИЛЕЙНАЯ 60»

Панкратов И. В., Куликов Д. С.*, Королев А. А., Калугина З. И., Буданов А. В.

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Видное, Московская область, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

витграсс, сушка,
аминокислотный
состав, углеводный
состав,
жирнокислотный
состав,
перевариваемость,
биологическая
ценность

Цель работы — определение биохимического состава сублимированного сока и выжимки ростков пшеницы из зерна современного сорта «Юбилейная 60». В ходе исследований установлено, что сок обладал насыщенным зеленым цветом, травянистым запахом и сладким вкусом, а также содержал в пересчете на сухие вещества (СВ) 70,37 % азотистых веществ, 17,87 % углеводов, 7,95 % золы и 3,81 % жира. Содержание общих аминокислот сока составляло 37,35 % в пересчете на СВ, из которых 14,24 % — незаменимые. Аминокислотный скор белков сока — 109–190 %, перевариваемость — 70,62 %, PDCAAS — 0,77 ед. Углеводы сока состояли из глюкозы (52,95 %), высокомолекулярных соединений (ВМС — 32,52 %), фруктозы (7,04 %), сахарозы (3,07 %), мальтотриозы (2,28 %) и мальтозы (2,14 %). Липиды сока состояли из насыщенных (НЖК — 64,66 %), мононенасыщенных (МНЖК — 24,10 %) и полиненасыщенной (линолевой — 11,24 %) жирных кислот. Выжимка ростков обладала светло-зеленым цветом, травянистым запахом, свойственным целлюлозе вкусом со сладковатым послевкусием и содержала (в пересчете на СВ): 67,66 % углеводов, 27,77 % азотистых веществ, 3,17 % жира и 1,40 % золы. Содержание общих аминокислот в выжимке (в пересчете на СВ) составляло 26,91 %, незаменимых аминокислот — 12,71 %, аминокислотный скор — 115–250 %, перевариваемость — 47,05 %, PDCAAS — 0,54 ед. Углеводы выжимки содержали глюкозу (43,53 %), ВМС (40,15 %), фруктозу (9,80 %), сахарозу (3,81 %), мальтозу (1,40 %) и мальтотриозу (1,31 %). Липиды выжимки содержали НЖК (71,56 %), МНЖК (17,91 %) и линолевую кислоту (10,53 %). Полученные результаты свидетельствуют о значительном увеличении биологической ценности белков сублимированного сока и выжимки ростков по сравнению с непророщенным зерном, что позволяет рекомендовать их для использования в качестве биологически активной добавки к пище. В частности, к продуктам спортивного питания, напиткам и коктейлям на растительной основе, кондитерским, хлебобулочным, макаронным изделиям и другим продуктам.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2024–0006 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 21.01.2026

Accepted in revised 07.05.2026

Accepted for publication 12.05.2026

© Pankratov I. V., Kulikov D. S., Korolev A. A., Kalugina Z. I., Budanov A. V., 2026

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WHEAT SPROUT SUBLIMATED JUICE AND POMACE FROM THE GRAIN OF THE “YUBILEINAYA 60” VARIETY

Igor V. Pankratov, Denis S. Kulikov*, Aleksey A. Korolev, Zoya I. Kalugina, Andrey V. Budanov

Russian Research Institute of Canning Technology, Vidnoe, Moscow region, Russia

KEYWORDS:

wheatgrass,
drying, amino
acid composition,
carbohydrate
composition, fatty
acid composition,
digestibility,
biological value

ABSTRACT

The aim of the work was to determine the biochemical composition of wheat sprout freeze-dried juice and pomace from grain of the modern variety “Yubileynaya 60”. The study revealed that the juice had a rich green color, herbaceous aroma, and sweet taste. Its composition (on a dry matter basis) included 70.37 % nitrogenous substances, 17.87 % carbohydrates, 7.95 % ash, and 3.81 % fat. The total amino acid content of the juice was 37.35 % on a dry matter basis, of which 14.24 % were essential. The amino acid score of juice proteins was 109–190 %, digestibility was 70.62 %, and PDCAAS was 0.77 units. The carbohydrates in the juice consisted of glucose (52.95 %), high molecular weight compounds (HMWC — 32.52 %), fructose (7.04 %), sucrose (3.07 %), maltotriose (2.28 %) and maltose (2.14 %). The lipids in the juice consisted of saturated (SFA — 64.66 %), monounsaturated (MUFA — 24.10 %) and polyunsaturated (linoleic — 11.24 %) fatty acids. The sprout pomace had a light green color, herbaceous aroma, taste characteristic of cellulose with a sweetish aftertaste and contained (on a dry matter basis) 67.66 % carbohydrates, 27.77 % nitrogenous substances, 3.17 % fat and 1.40 % ash. The content of total amino acids in the pomace (on a dry matter basis) was 26.91 %, essential amino acids — 12.71 %, amino acid score — 115–250 %, digestibility — 47.05 %, PDCAAS — 0.54 units. The carbohydrates of the pomace contained glucose (43.53 %), HMWC (40.15 %), fructose (9.80 %), sucrose (3.81 %), maltose (1.40 %) and maltotriose (1.31 %). The lipids of the pomace contained SFA (71.56 %), MUFA (17.91 %) and linoleic acid (10.53 %). The results obtained demonstrate a significant increase in the biological value of proteins in sprouted grain freeze-dried juice and pomace compared to unsprouted grain, making them suitable for use as dietary supplements. Specifically, these supplements can be used in sports nutrition products, plant-based drinks and cocktails, confectionery, bakery products, pasta, and other products.

FUNDING: The article was prepared as part of the research under the state assignment No. FGUS-2024–0006 of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Панкратов, И. В., Куликов, Д. С., Королев, А. А., Калугина, З. И., Буданов, А. В. (2026). Биохимическая характеристика сублимированного сока и выжимки ростков пшеницы из зерна сорта «Юбилейная 60». *Пищевые системы*, 9(2), 208–215. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2026-9-2-208-215>

FOR CITATION: Pankratov, I. V., Kulikov, D. S., Korolev, A. A., Kalugina, Z. I., Budanov, A. V. (2026). Biochemical characteristics of wheat sprout sublimated juice and pomace from the grain of the “Yubileynaya 60” variety. *Food Systems*, 9(2), 208–215. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2026-9-2-208-215>

1. Введение

Современные тенденции улучшения качества продуктов питания обуславливают актуальность разработки пищевых систем, обогащенных биологически активными веществами. Пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из ведущих зерновых культур России, а ее глубокая переработка позволяет получать продукты со сниженной аллергенностью, повышенной усвояемостью и высоким содержанием биологически активных веществ [1–3]. К таким продуктам относят, в частности, белковые гидролизаты, пептиды и аминокислоты [4,5], а также зародыши пшеницы, богатые витаминами [6], фенольными соединениями, минеральными веществами [7] и полиненасыщенными жирными кислотами [8]. Перспективным методом увеличения биологической ценности пшеницы также является ее проращивание с последующим отделением ростков, называемых «витграсс» (от англ. *wheatgrass* — «трава пшеницы») [9,10]. Ростки пшеницы содержат большое количество витаминов (С, Е, К, В1, В2, В3, В9), незаменимых аминокислот (лейцин, валин, фенилаланин, метионин, лизин, гистидин, изолейцин, треонин, триптофан) и β -каротина [9–11]. Ростки богаты минеральными веществами (кальций, железо, калий, натрий, магний) [11,12], флавоноидами (каテキн, рутин, витексин и изовитексин) [13,14], хлорофиллом [15,16], ферментами [17] и другими соединениями, полезными для организма. Путем отжима ростков пшеницы получают сок, который эффективен для профилактики заболеваний пищеварительной системы, ожирения и интоксикации организма [10,16,18]. Сок из ростков также полезен для профилактики сахарного диабета, синдрома хронической усталости, преждевременного старения, анемии, артрита, гипоксии, ишемического инсульта, язвенного колита, атеросклероза, различных видов рака и мукозитов [19–21].

Установлено, например, что сок ростков пшеницы обладал стимулирующим воздействием на рост и биохимическую активность культур лакто- и бифидобактерий, используемых в производстве пробиотических лекарственных препаратов для нормализации кишечной микрофлоры [10]. В другом исследовании обнаружено протекторное воздействие сока ростков пшеницы на функции почек крыс с индуцированным стрептозотоцином сахарным диабетом второго типа, так как при замене воды в рационе животных на 3%-ный раствор сока ростков пшеницы наблюдалось снижение количества эритроцитов в моче [19]. В данной работе также был продемонстрирован антигипоксический эффект сока: у мышей, находившихся в герметичных условиях, продолжительность жизни увеличилась на 17,6% по сравнению с контрольной группой. Показано увеличение уровня тестостерона на 42% у самцов крыс-альбиносов, ежедневно получавших 11 мг сока ростков пшеницы в составе корма; данный эффект был сопоставим с показателями группы животных, рацион которых был обогащен цинком и витамином А [22]. Комбинация флуоксетина и экстракта ростков пшеницы (10 и 100 мг/кг массы тела соответственно), по сравнению с использованием одного флуоксетина, приводила к увеличению эффективности лечения у крыс болезни Альцгеймера, индуцированной хлоридом алюминия [23].

Иммуномодулирующие и противовоспалительные эффекты ежедневного потребления 20 мл сока ростков пшеницы из зерна якутских сортов «Туймаада» и «Приленская-9» были зафиксированы в ходе клинико-иммунологических исследований с участием 27 женщин [24]. Установлено, что после 24 суток приема сока ростков в крови женщин наблюдалось увеличение количества лимфоцитов (на 17%), моноцитов, эозинофилов и базофилов (на 40%), а также снижение скорости оседания эритроцитов (на 46%) с сохранением процесса гомеостаза и отсутствием негативного влияния на остальные показатели. Повышение уровня гемоглобина в среднем на 27,88% по сравнению с контрольной группой было зафиксировано в крови у 30 девочек-подростков, страдающих анемией, при приеме 30 мл сока из ростков пшеницы утром натощак в течение 60 дней [25].

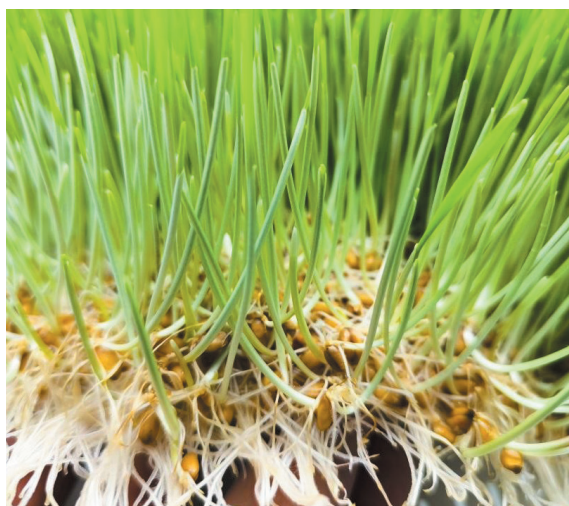
Высокое содержание нестабильных микронутриентов существенно ограничивает срок годности сока из ростков пшеницы [9,26,27]. Так, если хранение сока при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ограничивается 6 сутками с минимальными потерями сухих веществ, витаминов и органолептических характеристик, то шоковая заморозка и хранение сока при температуре минус $18 \pm 2^\circ\text{C}$ продлевало сохранность данных показателей до 3 недель [12]. Термическая обработка сока при температуре 75°C в течение 15 секунд приводила к изменению цвета и снижению содержания фенольных соединений (на 36%), витамина С (на 27,4%), хлорофилла (на 12,4%) и активности ферментов (на 40,0–75,3%) [27]. Обработка ультрафиолетовым излучением (длина волны 254 нм, плотность потока

69,2 мДж/см²) снижала содержание фенольных соединений и активность ферментов сока на 20% [27]. При обработке сока высоким гидростатическим давлением (НРР) в 500 МПа в течение 60 секунд достоверно не было выявлено снижения содержания и активности полезных веществ. Более того, данный метод позволил увеличить содержание хлорофилла в соке на 9%. Поэтому с целью увеличения продолжительности хранения и сохранения биологических свойств сока требуется реализовывать его несколькими способами: в замороженном виде, с использованием НРР, консервантов или высушивания сублимацией с последующим измельчением в порошок и таблетированием. Метод сублимационной сушки позволяет получить продукт с низкой влажностью (до 5%), сохранностью исходного уровня антиоксидантной активности и высоким количеством биологически активных веществ, таких как хлорофилл, флавоноиды и сапонины [28].

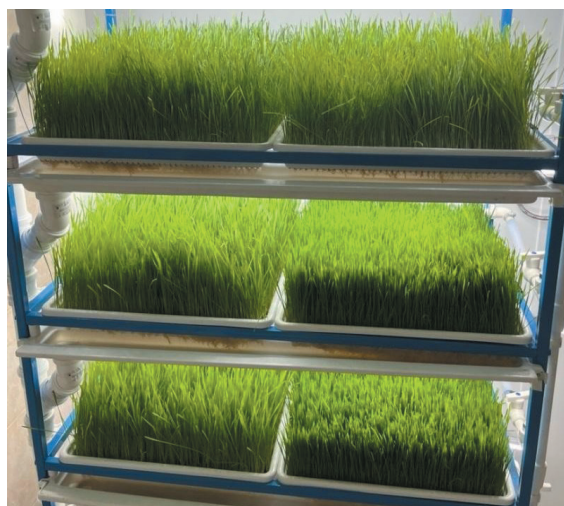
Следует отметить, что различные сорта пшеницы отличаются по нутриентному составу и биологическим свойствам получаемого сока ростков [13,15,29]. Например, при исследовании сока ростков пшеницы из двух сортов твердого зерна (HD-3086, C-306), одного мягкого (HS-490) и одного средней твердости (HD-296) выявлена существенная разница в содержании золы (в 3 раза), флавоноидов (в 2,3 раза), хлорофилла (на 87%), белка (на 29,5%) и антиоксидантной активности (на 28%) [13]. Самые высокие показатели антиоксидантной активности, содержания незаменимых аминокислот, магния и хлорофилла демонстрировал сок из твердых сортов пшеницы. В другой работе было изучено содержание белка, магния, железа и цинка в соке из ростков 93 генотипов пшеницы [30]. Установлено, что количество белка в образцах сока различалось в 3,86 раза между генотипами *Triticum spelta* и *Ravena*; содержание магния — в 1,97 раза между сортами *Katarina* и *Soissons*; железа — в 1,99 раза между *Lutescens* 8 и *Žitarka*; цинка — в 1,76 раза между сортами *Dekan*, *NS Rana* 5 и *Apache*. При исследовании сока из белого (PBW621) и цветных сортов пшеницы (фиолетовая — NABIMG-10, синяя — NABIMG-9, черная — NABIMG-11) установлено, что сок цветных сортов содержал в 6,5 раза больше антоцианов, а также на 30,5% больше хлорофилла, на 87,5% — растворимых фенолов и на 10,2% — белков; антиоксидантная активность при этом была выше на 112,5% [31]. Наибольшее содержание антоцианов (72,26 мг/кг), а также высокий уровень ингибирования 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH — 70,19%) и 2,2'-азино-бис (3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты) (ABTS — 51,40%) наблюдались в соке из ростков черной пшеницы, далее по убыванию следовали соки из ростков синей и фиолетовой пшеницы [32]. Наименьшее количество антоцианов (8,88 мг/кг) с самым низким уровнем ингибирования DPPH (42,46%) и ABTS (24,18%) было обнаружено в соке из ростков белой пшеницы.

Среди современных российских сортов пшеницы высокой перспективностью получения сока обладает сорт «Юбилейная 60» из коллекции ФГБНУ «ФИЦ Немчиновка». Данный сорт районирован в Центральном и Северо-Западном регионах и отличается высокими показателями ростовых характеристик (высота растения — 100,2 см, длина колоса — 10,5 см), урожайности (11–12 т/га) и фитосанитарного потенциала. Сорт относится к группе высокоустойчивых и характеризуется высокой резистентностью к бурой ржавчине и септориозу, а также средней устойчивостью к мучнистой росе. Масса 1000 зерен равна 55,1 г, содержание белка составляет 15,38–16,30% — эти показатели позволяют отнести зерно к 1 классу продовольственной пшеницы [33–35].

В качестве источника биологически активных веществ интерес представляет и побочный продукт производства сока — выжимка, являющаяся остатком после процесса отжима и состоящая преимущественно из пищевых волокон. Среди литературных данных указанному вторичному продукту внимания практически не уделяется. Известно, например, что выжимка после отжима сока из ростков пшеницы содержит (на 100 г): 74 г влаги, 13 г клетчатки, 5,5 г белка, 4 г липидов, 1 г органических кислот, 0,5 г минеральных веществ, 370 мг танинов, 200 мг флавоноидов и 130 мг витамина С [2]. Поэтому исследование выжимки ростков пшеницы перспективного сорта «Юбилейная 60» представляет актуальность в контексте выявления возможных направлений ее реализации в пищевой промышленности. К тому же, в научной литературе отсутствуют сведения о биологической ценности белков сока и выжимки ростков пшеницы с учетом аминокислотного состава и усвояемости (PDCAAS), что является ключевой характеристикой качества белков. В связи с этим цель работы — определение биохимического состава сублимированного сока и выжимки ростков пшеницы из сорта «Юбилейная 60».



a



b

Рисунок 1. Внешний вид ростков пшеницы после 5 (а) и 10 (б) суток проращивания
Figure 1. Appearance of wheatgrass after 5 (a) and 10 (b) days of germination

2. Объекты и методы

2.1. Подготовка образцов

Объектами исследований явились сок и выжимка, полученные путем отжима ростков пшеницы. Зерно пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Юбилейная 60» из коллекции ФГБНУ «ФИЦ Немчиновка» выращивали по гидропонному методу на установке «Ангара ГС-250» («Русская гидропоника», Россия) с соблюдением параметров температуры (18–20 °С), влажности (50–65%), вентиляции (легкий обдув с вытяжкой) и искусственного освещения (холодный белый спектр 6500 К с интервалами в 12 часов). Полив осуществляли методом подтопления с интервалами в 12 часов. Продолжительность выращивания составляла 10 суток до достижения высоты ростков 12–14 см (Рисунок 1).

После проращивания ростки пшеницы срезали и помещали в шнековую соковыжималку собственной разработки, состоящую из мотора-редуктора NMRV090-10-90-2.2-B3/A100-1, преобразователя частоты INNOVERT ITD222U21B2 и ручной шнековой соковыжималки BL-30. Отжим сока проводился в холодном режиме при скорости вращения шнека 50 об/мин. Полученный сок и выжимку высушивали на сублимационной сушилке LAB 3 (Lyomachines, Россия) с последующим измельчением в порошок. Перед сушкой образцы предварительно замораживали при температуре минус 30 °С до полного перехода влаги в кристаллическое состояние. Этап сублимационной сушки проводили при остаточном давлении 100 Па, обеспечивающем эффективное удаление льда за счет сублимации. Температуру полок поддерживали на уровне не выше 40 °С до достижения остаточного содержания влаги не более 5%. Температуру продукта контролировали с использованием термопар, установленных в толще слоя материала, что позволяло предотвращать его перегрев и обеспечивать воспроизводимость режимов сушки. Общая продолжительность процесса сублимационной сушки, включая стадию замораживания образцов, составляла 24 часа.

2.2. Определение органолептических показателей образцов

Внешний вид, цвет, запах и вкус свежесжатого сока, а также образцов сублимированного сока и выжимки оценивали 5 сотрудников ВНИИТеК (3 сотрудника лаборатории процессов и оборудования консервного производства и 2 сотрудника научно-исследовательского испытательного центра) по ГОСТ 8756.1-2017¹ с использованием описательного метода (п. 5.5.9.1).

2.3. Определение химического состава образцов

Массовую долю влаги в высушенных и измельченных образцах определяли по ГОСТ 13586.5-2015²; белка — по ГОСТ 10846-91³ с коэффициентом пересчета общего азота на белок Nx5,7; золы —

по ГОСТ 27494-2016⁴; жира — по ГОСТ 29033-91⁵; углеводов — по разнице между 100% и суммой остальных компонентов.

2.4. Определение аминокислотного состава, скорости перевариваемости и биологической ценности белков образцов

Аминокислотный состав образцов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидрином по ГОСТ 32195-2013⁶. Пробоподготовка заключалась в предварительном окислении образцов смесью муравьиной кислоты и 30% перекиси водорода (соотношение 9:1) продолжительностью 1 час по ОФС.1.2.1.0025.18⁷ (метод 4). Данный этап проводили для перевода аминокислот метионина и цистеина в окисленную форму и их последующей идентификации. Гидролиз образцов проводили в растворе 6N HCl при температуре 110 °С в течение 24 часов. Полученный гидролизат нейтрализовывали раствором 7,5N NaOH до pH 2,2±0,1 и разбавляли буферным раствором. Анализ проводили на жидкостном хроматографе LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), состоящим из насоса LC-20AD (Shimadzu, Япония), автосAMPLера SIL-20A (Shimadzu, Япония) и спектрофотометрического детектора SPD-20A (Shimadzu, Япония). Система была оснащена колонкой для ионообменной хроматографии ТВЕС.414538.005-01 (150×4,6 мм, СТ/ДВБ, 7 мкм 10% Na+ (Sevko, Россия)), фильтром-поглотителем аммиака ТВЕС.414538.005-02 (100×4,6 мм СТ/ДВБ, 50 мкм, 10% (Sevko, Россия)) и постколоночным реактором для дериватизации аминокислот нингидрином АРМ-1000Н/НТ (Sevko, Россия). Обработку хроматограмм выполняли с помощью программного обеспечения Shimadzu LC Solution 2.0. В процессе кислотного гидролиза образцов триптофан разрушался и не учитывался в расчете аминокислотного состава, скорости и биологической ценности белков образцов. Для определения количественного содержания аминокислот в образцах в тех же условиях проводили анализ стандартного образца смеси семнадцати аминокислот с известной концентрацией (Н-ОХ, Sevko, Россия).

Перевариваемость белков методом *in vitro* с использованием раствора пепсина («ЛенРеактив», Россия) концентрацией 1 мг/см³ при pH 1,8±0,1 и раствора трипсина («Самсон-Мед», Россия) концентрацией 0,5 мг/см³ при pH 8,4±0,1 определяли согласно протоколу Покровского–Ертанова [36]. Для расчета аминокислотного состава устанавливали содержание каждой незаменимой аминокислоты в 1 грамме белка исследуемых образцов и сопоставляли с содержанием соответствующих аминокислот в 1 грамме «идеального» белка, рекомендуемого ФАО/ВОЗ 2011 г [37]. Биологическую ценность белков образцов (PDCAAS), рассчитанную как произведение значений аминокислотного скорректированного содержания аминокислот и степени перевариваемости белков, определяли по методике ФАО/ВОЗ 2011 г [37].

¹ ГОСТ 8756.1-2017. «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема». — М.: Стандартинформ, 2019. — 17 с.

² ГОСТ 13586.5-2015. «Зерно. Метод определения влажности». — М.: Стандартинформ, 2019. — 17 с.

³ ГОСТ 10846-91. «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка». — М.: Стандартинформ, 2009. — 9 с.

⁴ ГОСТ 27494-2016. «Мука и отруби. Методы определения зольности». — М.: Стандартинформ, 2019. — 16 с.

⁵ ГОСТ 29033-91. «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». — М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. — 6 с.

⁶ ГОСТ 32195-2013. «Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот». — М.: Стандартинформ, 2020. — 24 с.

⁷ ОФС.1.2.1.0025.18. «Аминокислотный анализ». — М.: Государственная фармакопея Российской Федерации, 2018. — 35 с.

2.5. Определение углеводного состава образцов

Углеводный состав образцов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Процесс осуществляли на анализаторе, состоящем из рефрактометрического детектора HPLC Detector RI 8120 (Bischoff, Германия), насоса HPLC Compact pump Model 3350 (Bischoff, Германия), термостата для колонки CHX 700 (Pickering Laboratories, США), предколонки ReproGel Na 9 мкм, 4,6 × 10 (Dr. Maisch, Германия) и колонки ReproGel Na 9 мкм, 8 × 300 (Dr. Maisch, Германия).

2.6. Определение жирнокислотного состава образцов

Жирнокислотный состав образцов проводился газохроматографическим методом по ГОСТ 30418-96⁸. Жир из анализируемых проб выделяли методом Сокслета. Навеску массой 10–15 г экстрагировали гексаном в течение 4 часов на аппарате для экстракции Behr R 106T-S (Behr Labor-Technik, Германия). Полученный экстракт отгоняли на ротационном испарителе IKA RV-3 ECO (IKA-Werke, Германия) при температуре 50 °С. Из масляного остатка в круглодонной колбе отбирали 0,1 см³ масла и растворяли в 5 см³ гексана. В полученный раствор добавляли 0,04 см³ метилата натрия в метаноле с молярной концентрацией 2 моль/см³. После интенсивного перемешивания в течение 2 минут реакционную смесь центрифугировали в течение 15 минут при температуре 4 °С. Верхний слой анализировали на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» («Хроматэк», Россия) с пламенно-ионизационным детектором. Использовали капиллярную колонку RTX-2330 (105 м × 0,25 мм × 0,2 мкм). Температурный режим термостата колонок составлял 125 °С с выдержкой 5 минут, далее температуру повышали со скоростью 4 °С/мин до 250 °С с последующей выдержкой 10 минут; температура детектора составляла 260 °С. В качестве газа-носителя использовали азот высокой чистоты (марка «6,0») со скоростью потока 20 см³/мин. Внутренним стандартом служили наборы жирных кислот (Supelco, США).

2.7. Статистический анализ экспериментальных данных

Все исследования проводили в трехкратных повторностях. Полученные числовые результаты представляли в виде среднего арифметического с использованием стандартного отклонения, рассчитанного с критерием Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Органолептические показатели образцов

При анализе актуальных литературных источников не обнаружено исследований, в которых проводилась органолептическая оценка сублимированных или высушенных образцов сока пшеницы.

Свежевыжатый сок обладал органолептическими характеристиками (внешний вид, цвет, запах, вкус), совпадающими с результатами исследования [12]. После сушки сублимированный образец сока из ростков пшеницы представлял собой однородный мелкодисперсный порошок и имел насыщенный зеленый цвет, что являлось следствием высокого содержания хлорофилла (Рисунок 2). Образец обладал ярко выраженным травянистым запахом, свойственным продукту, и сладким вкусом.

Существуют исследования по сравнительной оценке органолептических свойств сока из ростков пшеницы, с соком из ростков других культур. Например, сок из ростков пшеницы по органолептическим свойствам (внешний вид/цвет, запах, интенсивность аромата, вкус, консистенция, общее впечатление), оцененным по пятибалльной шкале девятнадцатью неподготовленными участниками, получил средний балл 3,25. Соки из ростков ячменя и овса получили средние баллы 2,85 и 2,68 соответственно, что характеризует сок «витграсс» как наиболее предпочтительный [38]. Однако в другой работе исследование органолептических показателей по 9-балльной гедонистической системе оценки (где 9 — очень нравится, 1 — совершенно не нравится) выявило, что сок из ростков пшеницы имел более низкую среднюю оценку цвета (6,33), запаха (6,51), сладости (6,49) и общего впечатления (6,47), но высокую кислотность (6,35) по сравнению с аналогичными показателями сока из ростков ячменя (6,95; 6,97; 7,03; 6,93 и 6,15 соответственно) [39]. Подобные различия объясняются особенностью сорта исходного сырья и вкусовыми предпочтениями дегустаторов.

Также известно, что увеличение содержания порошка сублимированного сока из ростков пшеницы от 3 до 15 % изменяло цвет изготавливаемых макаронных изделий от светло-зеленого до насыщенного зеленого [40]. При этом концентрация новой добавки до 9 %

⁸ ГОСТ 30418-96. «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава». — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. — 7 с.

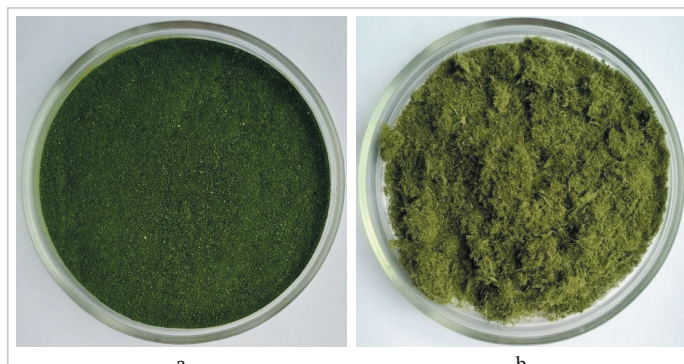


Рисунок 2. Внешний вид сока (а) и выжимки (b) из ростков пшеницы

Figure 2. Appearance of juice (a) and pomace (b) from wheatgrass

приводило к улучшению органолептических показателей по сравнению с контрольными изделиями. Добавление сока из ростков пшеницы в количестве 9 % в молочные продукты (молоко, сыр панир) и высушенного сока из ростков пшеницы в количестве 3 % в мясные продукты (куриные наггетсы и шарики) способствовало сохранению органолептических свойств на уровне, сопоставимом с контрольными образцами, и значительному увеличению их антиоксидантной активности [41].

Сублимированная и измельченная выжимка ростков представляла собой однородные сыпучие целлюлозные волокна. Образец имел светло-зеленый цвет, травянистый запах и свойственный целлюлозе вкус со сладким послевкусием, что совпадает с органолептической характеристикой высушенной выжимки ростков, изученной в другой работе⁹.

3.2. Химический состав образцов

Анализ химического состава образцов выявил высокие сорбционные свойства сублимированного сока, так как содержание влаги в нем после высушивания и измельчения оказалось в 3,61 раза выше по сравнению с сублимированной выжимкой (Таблица 1). Полученные результаты согласуются с данными исследования высушенного сока из ростков пшеницы, в котором содержание влаги составляло 9,36–14,05 % при проращивании зерна в воде [13]. Содержание белка и минеральных веществ (зола) в соке превышало аналогичный показатель у выжимки в 2,53–5,68 раза, что говорит о миграции преобладающего количества данных веществ в сок в процессе отжима. Высокое содержание белка в соке (70,37 % в пересчете на СВ) значительно превышает аналогичные показатели сублимированных соков из ростков белой и черной пшеницы индийских сортов (20 и 22 % соответственно), а также лиофилизированного порошка сока (21,87 % и 22,66 % в пересчете на СВ), изученных другими исследователями; кроме того, оно превышает содержание белка в зародыше пшеницы (27,85 %) [7,31,42]. В связи с этим поставлена задача изучить в полученных образцах сока и выжимки общее содержание аминокислот, так как метод Кьельдаля, который использовался нами для расчета содержания белка, определяет количество общих азотистых соединений, в том числе не белковой природы.

Таблица 1. Химический состав образцов

Table 1. Chemical composition of the samples

Показатель	Образец	
	Сок	Выжимка
Содержание влаги, %	15,15 ± 0,15 ^a	4,20 ± 0,11 ^b
Содержание белка, % на сухие вещества	70,37 ± 0,01 ^a	27,77 ± 0,25 ^b
Содержание золы, % на сухие вещества	7,95 ± 0,01 ^a	1,40 ± 0,06 ^b
Содержание жира, % на сухие вещества	3,81 ± 0,04 ^a	3,17 ± 0,07 ^b
Содержание углеводов, % на сухие вещества	17,87 ± 0,06 ^a	67,66 ± 0,38 ^b

Примечание: числовые данные представляют собой средние значения ± стандартное отклонение для группы $n = 3$; разными буквами обозначены статистически различающиеся значения между образцами ($p \leq 0,05$).

⁹ Губаненко, Г. А., Наймушина, Л. В., Зыкова, И. Д., Речкина, Е. А. (2018). Аспекты применения порошка из выжимок проростков пшеницы для функциональных продуктов. *Инновации в пищевой биотехнологии: Сборник трудов Международного симпозиума*, Кемерово, 14–16 мая 2018 года, под общей редакцией А. Ю. Пресекова. Кемерово: Кемеровский государственный университет, С. 426–431.

Содержание золы в сублимированном соке (7,95 %, СВ) соответствовало количеству золы в порошках соков из ростков четырех сортов пшеницы, выращенных гидропонным методом (5,18–8,34 % или 6,03–9,21 %, СВ). При этом оно было значительно ниже, чем в образцах высушенного сока, полученных при выращивании в почве (12,87–15,93 % и 14,68–17,20 %, СВ) и на кокосовой шелухе с питательным субстратом (11,58–15,79 % и 12,78–17,19 %, СВ) [13]. Количество жира в исследуемом сублимированном соке было меньше на 48,29 %, чем в лиофилизированном порошке сока [42], и в 2,08 раза — по сравнению с зародышами пшеницы (8,72 г/100 г или 7,90 %, СВ) [7].

Выжимка по сравнению с высушенным соком содержала в 3,79 раза больше углеводов, что делает его потенциальным пищевым ингредиентом, богатым пшеничными пищевыми волокнами, которые, как известно, нормализуют баланс кишечной микрофлоры и увеличивают частоту стула [43]. Результаты согласуются с работой по изучению количественного и качественного состава пищевых волокон высушенной выжимки ростков пшеницы из зерна другого сорта¹⁰, где их содержание составило 45,24 г/100 г. Из них 24,01 г приходилось на лигнин, 14,91 г — на гемицеллюлозу, 5,29 г — на целлюлозу и 1,03 г — на пектиновые вещества. Содержание белка в исследуемой выжимке было выше по сравнению с выжимкой, полученной в другой работе [2], где оно составляло 5,56 г/100 г (21,39 %, СВ), однако содержание жира (3,96 г/100 г, 15,23 %, СВ) и золы (0,49 г/100 г, 1,89 %, СВ) оказалось ниже.

3.3. Аминокислотный состав, скор, перевариваемость и биологическая ценность белков образцов

Содержание общих аминокислот в сублимированном соке составило 317 мг/г или 37,35 % в пересчете на сухие вещества, что значительно меньше (на 46,92 %) количества белка (70,37 %, СВ), определенного методом Кельдаля. Это свидетельствует о высоком содержании азотистых веществ небелковой природы, представляющих собой продукты незавершенного синтеза неорганических веществ и белков [44,45]. Несмотря на то, что содержание общих аминокислот в сублимированной выжимке (258 мг/г) было ниже, чем в соке, на 18,68 %, количество незаменимых аминокислот в исследуемых образцах практически совпадало (122 и 120 мг/г соответственно). При этом их доля по отношению к общим аминокислотам была выше на 25,21 % (Таблица 2).

Среди аминокислот сока, по сравнению с выжимкой, преобладали: аспарагиновая кислота (в 3,04 раза), гистидин (на 34,40 %), цистеин (на 31,97 %), тирозин (на 30,50 %), глутаминовая кислота (на 20,83 %), изолейцин (на 11,53 %), валин (на 10,94 %); тогда как в выжимке сконцентрировалось больше лизина (на 33,60 %), аргинина (на 27,25 %) и пролина (на 10,90 %).

Содержание незаменимых аминокислот в исследуемых образцах оказалось выше в 16,33–16,60 раза по сравнению с порошком ростков пшеницы, изученном в работе [9]. Такая разница объясняется сортовыми различиями исходного сырья, а также методикой получения сухого порошка ростков. Авторы производили срез ростков при достижении их высоты 6–8 дюймов (15–20 см) вместо оптимальных 10–14 см и высушивали микроволновым излучением мощностью 600 Вт в течение 15 минут. Это могло привести к термической денатурации белков со снижением детектируемости аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. В другой работе исследователи срезали ростки четырех сортов пшеницы на десятый день, отжимали сок и лиофилизировали его, что соответствует пробоподготовке настоящей работы [13]. Содержание общих аминокислот в порошке сока ростков пшеницы при условии ее проращивания в воде (гидропонный метод) варьировалось в зависимости от сортовых особенностей от 197,41 до 392,82 мг/г, из которых на незаменимые аминокислоты приходилось 92,44–156,51 мг/г. Это соответствует количеству общих (257,75–316,92 мг/г) и незаменимых (119,55–121,73 мг/г) аминокислот в полученных нами сублимированных образцах сока и выжимки.

Значения аминокислотного скор, представленные в Таблице 3, у всех незаменимых аминокислот сока и выжимки были выше 100 %, что свидетельствует о высоком качестве белков образцов и сопоставимо с аминокислотным скором белковых изолятов зернобобовых культур [46,47]. Значения минимального и максимального скор были выше у образца выжимки (115 % у гистидина, 250 % у лизина) по сравнению с аналогичными показателями в соке (109 % у лейцина, 190 % у валина). Для сравнения, скор лимитирующих аминокислот в соке из ростков белой пшеницы индийских сортов составляет 86 %, из цветных линий пшеницы — 113 % [31].

¹⁰Губаненко, Г. А., Наймушина, Л. В., Зыкова, И. Д., Речкина, Е. А. (2018). Аспекты применения порошка из выжимок проростков пшеницы для функциональных продуктов. *Инновации в пищевой биотехнологии: Сборник трудов Международного симпозиума*, Кемерово, 14–16 мая 2018 года, под общей редакцией А. Ю. Просекова. Кемерово: Кемеровский государственный университет, С. 426–431.

Таблица 2. Аминокислотный состав образцов

Table 2. Amino acid composition of the samples

Наименование аминокислоты	Образец			
	Сок		Выжимка	
	мг/г продукта	% от суммы	мг/г продукта	% от суммы
Аспарагиновая кислота	81,50 ± 0,15 ^a	25,71 ± 0,04 ^a	26,83 ± 0,03 ^b	10,40 ± 0,02 ^b
Треонин	13,12 ± 0,05 ^a	4,14 ± 0,02 ^a	11,80 ± 0,03 ^b	4,58 ± 0,01 ^b
Серин	13,11 ± 0,03 ^a	4,14 ± 0,01 ^a	11,70 ± 0,04 ^b	4,54 ± 0,02 ^b
Глутаминовая кислота	33,68 ± 0,06 ^a	10,62 ± 0,03 ^a	26,67 ± 0,04 ^b	10,34 ± 0,01 ^b
Пролин	10,26 ± 0,04 ^a	3,24 ± 0,01 ^a	11,52 ± 0,02 ^b	4,47 ± 0,01 ^b
Глицин	14,30 ± 0,03 ^a	4,51 ± 0,01 ^a	13,37 ± 0,03 ^b	5,19 ± 0,01 ^b
Аланин	18,81 ± 0,05 ^a	5,94 ± 0,02 ^a	17,01 ± 0,03 ^b	6,60 ± 0,01 ^b
Метионин	5,15 ± 0,05 ^a	1,63 ± 0,02 ^a	5,69 ± 0,02 ^b	2,21 ± 0,01 ^b
Цистеин	4,73 ± 0,06 ^a	1,49 ± 0,02 ^a	3,21 ± 0,01 ^b	1,25 ± 0,01 ^b
Валин	24,08 ± 0,12 ^a	7,59 ± 0,03 ^a	21,45 ± 0,06 ^b	8,32 ± 0,02 ^b
Изолейцин	13,17 ± 0,05 ^a	4,16 ± 0,02 ^a	11,65 ± 0,08 ^b	4,52 ± 0,03 ^b
Лейцин	21,13 ± 0,25 ^a	6,67 ± 0,08 ^a	20,71 ± 0,10 ^b	8,04 ± 0,04 ^b
Фенилаланин	14,23 ± 0,07 ^a	4,49 ± 0,02 ^a	13,60 ± 0,03 ^b	5,28 ± 0,01 ^b
Тирозин	4,59 ± 0,04 ^a	1,45 ± 0,01 ^a	3,19 ± 0,07 ^b	1,24 ± 0,03 ^b
Лизин	21,20 ± 0,21 ^a	6,69 ± 0,07 ^a	31,93 ± 0,14 ^b	12,38 ± 0,05 ^b
Гистидин	7,47 ± 0,07 ^a	2,36 ± 0,02 ^a	4,90 ± 0,05 ^b	1,90 ± 0,02 ^b
Аргинин	16,39 ± 0,02 ^a	5,17 ± 0,01 ^a	22,52 ± 0,04 ^b	8,74 ± 0,02 ^b
Триптофан	Не определялся		Не определялся	
Сумма	316,92 ± 0,74 ^a	100	257,75 ± 0,62 ^b	100
Незаменимые аминокислоты	119,55 ± 0,45 ^a	37,72 ± 0,14 ^a	121,73 ± 0,41 ^b	47,23 ± 0,16 ^b

Примечание: числовые данные представляют собой средние значения ± стандартное отклонение для группы $n = 3$; разными буквами обозначены статистически различающиеся значения между образцами ($p \leq 0,05$).

Таблица 3. Аминокислотный скор, перевариваемость и биологическая ценность белков образцов

Table 3. Amino acid score, digestibility and biological value of proteins of the samples

Наименование показателя	Образец	
	Сок	Выжимка
Аминокислотный скор незаменимых аминокислот, % от значений эталонного белка ФАО/ВОЗ		
Треонин	166 ± 1 ^a	178 ± 1 ^b
Метионин+ Цистеин	135 ± 1 ^a	146 ± 1 ^b
Валин	190 ± 1 ^a	202 ± 1 ^b
Изолейцин	139 ± 1 ^a	146 ± 1 ^b
Лейцин	109 ± 1 ^a	128 ± 1 ^b
Фенилаланин+Тирозин	145 ± 1 ^a	154 ± 1 ^b
Лизин	139 ± 1 ^a	250 ± 1 ^b
Гистидин	147 ± 1 ^a	115 ± 1 ^b
Триптофан	Не определялся	
Перевариваемость белка <i>in vitro</i> , %	70,62 ± 0,13 ^a	47,05 ± 0,14 ^b
PDCAAS, ед.	0,77 ± 0,01 ^a	0,54 ± 0,01 ^b

Примечание: числовые данные представляют собой средние значения ± стандартное отклонение для группы $n = 3$; разными буквами обозначены статистически различающиеся значения между образцами ($p \leq 0,05$).

Белки сока ростков пшеницы по сравнению с аналогичными нутриентами выжимки переваривались на 33,38 % эффективнее в модели *in vitro*. За счет более высокой перевариваемости показатель биологической ценности белков сока, рассчитанный с учетом аминокислотного скор первой лимитирующей аминокислоты и степени усвояемости белков (PDCAAS), был на 70 % выше, чем у белков выжимки (0,77 и 0,54 ед. соответственно). Показатель PDCAAS белков сублимированного сока из ростков пшеницы был сопоставим с PDCAAS белка черной фасоли (0,75 ед.), тогда как у выжимки он соответствовал уровню арахисового белка (0,52 ед.) [48]. Следует отметить, что у нативного белка непророщенного зерна пшеницы данный показатель составляет 0,25 ед., что говорит об увеличенной биологической ценности белков сока и выжимки в 2,16–3,08 раза [48].

3.4. Углеводный состав образцов

Анализ углеводного состава сублимированных образцов сока и выжимки выявил преобладающее количество глюкозы среди других компонентов (Таблица 4), чем объясняется сладкий вкус продуктов. Это соответствует данным из работ по изучению углеводного состава невясушенного сока из ростков пшеницы и пророщенного зерна. Например, сок из ростков пшеницы содержал 17,48 мг/мл глюкозы, 12,10 мг/мл фруктозы с полным отсутствием сахарозы [22]. Другими исследователями в 100 г пророщенного зерна пшеницы установлено содержание глюкозы ($1,085 \pm 0,125$ г; 32,49% от суммы сахаров), мальтозы ($0,82 \pm 0,19$ г; 24,55%), фруктозы ($0,75 \pm 0,07$ г; 22,46%), сахарозы ($0,59 \pm 0,09$ г; 17,67%) и лактозы ($0,10 \pm 0,01$ г; 2,99%) [49].

Таблица 4. Углеводный состав образцов, % от суммы углеводов

Наименование компонента	Образец	
	Сок	Выжимка
Высокомолекулярные соединения	$32,52 \pm 0,50^a$	$40,15 \pm 0,74^b$
Мальтотриоза	$2,28 \pm 0,21^a$	$1,31 \pm 0,19^b$
Мальтоза	$2,14 \pm 0,16^a$	$1,40 \pm 0,28^b$
Сахароза	$3,07 \pm 0,09^a$	$3,81 \pm 0,14^b$
Глюкоза	$52,95 \pm 0,13^a$	$43,53 \pm 0,20^b$
Фруктоза	$7,04 \pm 0,25^a$	$9,80 \pm 0,18^b$

Примечание: числовые данные представляют собой средние значения $\pm$ стандартное отклонение для группы $n = 3$; разными буквами обозначены статистически различающиеся значения между образцами ($p \leq 0,05$).

По сравнению с образцом сока в углеводах выжимки установлено повышенное содержание фруктозы (на 39,21%), сахарозы (на 24,10%) и высокомолекулярных соединений (на 23,46%), в том числе за счет присутствия пищевых волокон. В углеводах сока наблюдалось более высокое количество простых сахаров (моно-, ди- и трисахаридов) — на 12,75%. В частности, углеводы сока содержали больше мальтозы (на 52,86%), мальтотриозы (на 74,05%) и глюкозы (на 21,64%).

3.5. Жирнокислотный состав образцов

Липиды сублимированного сока из ростков пшеницы обладали повышенной биологической эффективностью, так как отличались от выжимки увеличенным содержанием линолевой кислоты (на 6,74%), мононенасыщенных жирных кислот (на 34,56%), а также сниженным количеством насыщенных жирных кислот (на 10,67%) (Таблица 5). Среди мононенасыщенных жирных кислот в липидах сока отмечено более высокое содержание олеиновой кислоты — в 4,66 раза. При этом в выжимке обнаружена гадолеиновая кислота, которая в соке отсутствовала. Насыщенные жирные кислоты сока отличались наличием лауриновой кислоты, а также увеличенным содержанием миристиновой (на 71,43%), стеариновой (на 53,71%) и пальмитиновой (на 27,03%) кислот. В липидах выжимки находилось больше бегеновой (в 4,61 раза), арахидиновой (в 4,58 раза) и генэйкозановой (на 82,43%) кислот.

Согласно данным [50], жирнокислотный состав масла зародышей пшеницы различных сортов представлен линолевой (47,9–56,2%), пальмитиновой (14,9–23,9%), олеиновой (16,5–27,7%), линоленовой (2,54–6,60%), стеариновой (0,77–1,38%), пальмитолеиновой (0,08–0,68%), бегеновой (0,18–0,44%), арахидиновой (0,08–0,17%) и гадолеиновой (0,07–0,12%) кислотами. Другие исследователи обнаружили в масле зародышей пшеницы содержание лауриновой (0,31%), миристиновой (0,21%), гептадециновой (0,07%) и маргариновой (0,05%) жирных кислот [7]. Однако основную часть липидов пред-

ставляли все те же жирные кислоты: линолевая (53,97%), олеиновая (19,01%), пальмитиновая (18,06%) и линоленовая (4,97%). Это позволяет предположить, что в процессе проращивания зерна перерабатывается часть жирных кислот, а именно, происходит частичное разрушение полиненасыщенных (линолевой, линоленовой) и мононенасыщенных (олеиновой, пальмитолеиновой) жирных кислот при концентрировании насыщенных кислот (пальмитиновой, стеариновой, арахидиновой, бегеновой).

Таблица 5. Жирнокислотный состав образцов, % от суммы липидов

Table 5. Fatty acid composition of the samples, % of total lipids

Наименование компонента	Образец	
	Сок	Выжимка
Полиненасыщенные жирные кислоты		
Линолевая (C _{18:2})	$11,24 \pm 0,05^a$	$10,53 \pm 0,07^b$
Мононенасыщенные жирные кислоты		
Олеиновая (C _{18:1})	$13,43 \pm 0,04^a$	$2,88 \pm 0,01^b$
Гадолеиновая (C _{20:1})	–	$3,63 \pm 0,02$
Нервоновая (C _{24:1})	$10,67 \pm 0,01^a$	$11,40 \pm 0,01^b$
Насыщенные жирные кислоты		
Лауриновая (C _{12:0})	$0,63 \pm 0,01$	–
Миристиновая (C _{14:0})	$3,00 \pm 0,02^a$	$1,75 \pm 0,03^b$
Пальмитиновая (C _{16:0})	$47,47 \pm 0,06^a$	$37,37 \pm 0,04^b$
Стеариновая (C _{18:0})	$5,38 \pm 0,02^a$	$3,50 \pm 0,01^b$
Арахидиновая (C _{20:0})	$1,92 \pm 0,03^a$	$8,79 \pm 0,02^b$
Генэйкозановая (C _{21:0})	$3,13 \pm 0,03^a$	$5,71 \pm 0,03^b$
Бегеновая (C _{22:0})	$3,13 \pm 0,01^a$	$14,44 \pm 0,02^b$

Примечание: числовые данные представляют собой средние значения $\pm$ стандартное отклонение для группы $n = 3$; разными буквами обозначены статистически различающиеся значения между образцами ($p \leq 0,05$).

4. Выводы

Определен биохимический состав сублимированных образцов сока и выжимки ростков, выращенных гидропонным методом, из зерна пшеницы современного сорта «Юбилейная 60». Установлено значительное увеличение (в 2,16–3,08 раза) биологической ценности белков сока и выжимки ростков по сравнению с непророщенным зерном, а также продемонстрирован высокий аминокислотный скор продуктов (109–250%). В процессе проращивания зерна происходило частичное разрушение полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот, что может негативно сказаться на скорости усвоения липидов сока и выжимки. Содержание глюкозы на уровне 43,53–52,95% от общих углеводов обуславливает сладкий вкус полученных продуктов. В сублимированном соке было зафиксировано высокое содержание азотистых веществ небелковой природы (33,02% в пересчете на СВ), тогда как в выжимке сконцентрировалось подавляющее количество высокомолекулярных углеводов (40,15% от общего содержания), способных оказывать благоприятное воздействие на организм. Установленная высокая биологическая ценность свидетельствует о перспективности получения сублимированного сока и выжимки ростков пшеницы из зерна сорта «Юбилейная 60», а также о целесообразности их применения в качестве биологически активной добавки в спортивном питании, напитках и коктейлях, кондитерских, хлебобулочных, макаронных изделиях и других продуктах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Куликов, Д. С., Королев, А. А. (2025). Аспекты ферментативной модификации растительных белков. *Пищевые системы*, 8(1), 22–28. [Kulikov, D. S., Korolev, A. A. (2025). Aspects of enzymatic modification of plant proteins. *Food Systems*, 8(1), 22–28. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-1-22-28>
- Губаненко, Г. А., Речкина, Е. А., Наймушина, Л. В., Майорникова, Л. А., Мащевич, И. В., Белябина, Т. А. (2019). Технология переработки ростков пшеницы с получением порошка из выжимок с высоким содержанием биологически активных веществ. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 81(2), 154–161. [Gubanenko, G. A., Rechkina, E. A., Naumushina, L. V., Mayurnikova, L. A., Matskevich, I. V., Balyabina, T. A. (2019). Wheat sprouts processing technology and powder receiving from the marcs with high content of the biological active substances. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 81(2), 154–161. (In Russian)] <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-154-161>
- Куликов, Д. С., Королев, А. А., Панкратов, И. В. (2025). Анализ современных способов получения гидролизатов и биоактивных пептидов из белковых компонентов пшеницы. *Пищевая промышленность*, 4, 88–94. [Kulikov, D. S., Korolev, A. A., Pankratov, I. V. (2025). Analysis of modern methods for obtaining hydrolysates and bioactive peptides from protein components of wheat. *Food Industry*, 4, 88–94. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PP1.2025.4.4.016>
- Куликов, Д. С., Королев, А. А., Панкратов, И. В. (2026). Применение гидролизатов и биоактивных пептидов из белковых компонентов пшеницы в различных отраслях пищевой промышленности (мини-обзор). *Пищевая промышленность*, 3, 99–103. [Kulikov, D. S., Korolev, A. A., Pankratov, I. V. (2026). Application of hydrolysates and bioactive peptides from wheat protein components in various sectors of the food industry (Mini-review). *Food Industry*, 3, 99–103. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PP1.2026.3.3.019>
- Куликов, Д. С., Королев, А. А., Панкратов, И. В. (2025). Биологические свойства гидролизатов и пептидов из белковых компонентов пшеницы.

- Пищевая промышленность, 11, 71–77. [Kulikov, D. S., Korolev, A. A., Pankratov, I. V. (2025). Biological properties of hydrolysates and peptides from wheat protein components. *Food Industry*, 11, 71–77. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PPI.2025.11.11.012>
6. Youssef, H. M. K. E. (2015). Assessment of gross chemical composition, mineral composition, vitamin composition and amino acids composition of wheat biscuits and wheat germ fortified biscuits. *Food and Nutrition Sciences*, 6(10), 845–853. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.610088>
 7. Dyab, A. S., Atiyya, K. M., Abdel Salam, M. A. (2024). Improvement and quality evaluation of rutab date paste fortified with wheat germ. *Food Systems*, 7(4), 620–626. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-4-620-626>
 8. Rodríguez-Fernández, M., Revilla, I., Rodrigo, P., López-Calabozo, R., Vivar-Quintana, A. M. (2025). Wheat germ as partial or total substitutive of lean meat in low-fat cooked sausages. *Foods*, 14(2), Article 178. <https://doi.org/10.3390/foods14020178>
 9. Thakur, N., Singh, A. (2022). Amino acid and vitamin content of wheatgrass (*Triticum aestivum*) powder. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 11(7), 976–980.
 10. Несчислаев, В. А., Хохрякова, М. Д., Бронников, Т. Б. (2021). Исследование бактериотропных свойств сока из зеленых ростков пшеницы. *Медико-фармацевтический журнал Пульс*, 23(8), 144–149. [Neschichayev, V. A., Hohryakova, M. D., Bronnikov, T. B. (2021). Investigation of bacteriotropic properties of juice from green wheat sprouts. *Medical and Pharmaceutical Journal "Pulse"*, 23(8), 144–149. (In Russian)] <https://doi.org/10.26787/nyd-ha-2686-6838-2021-23-8-144-149>
 11. Зенькова, М. Л. (2019). Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы. *Техника и технология пищевых производств*, 49(4), 513–521. [Zenkova, M. L. (2019). Mineral and amino acid composition of germinated and canned wheat grains. *Food Processing: Techniques and Technology*, 49(4), 513–521. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521>
 12. Казина, В. В., Сафронова, Т. Н., Ермош, Л. Г. (2018). Разработка технологии получения сока из ростков пшеницы с определением режимов и сроков его хранения. *Техника и технология пищевых производств*, 48(2), 64–72. [Kazina, V. V., Safronova, T. N., Ermosh, L. G. (2018). Wheat sprouts juice production technology development and determination of juice storage modes and terms. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(2), 64–72. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-64-72>
 13. Kaur, N., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M. P., Singh, N., Ahlawat, A. K. et al. (2021). Effect of growing conditions on proximate, mineral, amino acid, phenolic composition and antioxidant properties of wheatgrass from different wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Food Chemistry*, 341(Part 1), Article 128201. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128201>
 14. Олесова, Л. Д. (2021). Перспективность биогенного продукта из ростков пшеницы в профилактике и лечении заболеваний на Севере. *Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования*, 2, 20–24. [Olesova, L. D. (2021). Perspectivity of a biogenic product — juice from wheat sprouts in prevention and treatment of diseases in the North. *Medicine. Sociology. Philosophy. Applied Research*, 2, 20–24. (In Russian)]
 15. Virdi, A. S., Singh, N., Bains, K. K., Kaur, A. (2021). Effect of photoperiod and growth media on yield and antioxidant properties of wheatgrass juice of Indian wheat varieties. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 58(8), 3019–3029. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04805-8>
 16. Mer, A., Vyas, K., Patani, P. (2024). Wheatgrass: A comprehensive review on its therapeutic potential. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 31(11), 1252–1260. <https://doi.org/10.53555/1rmwrf75>
 17. Тарасов, С. С., Крутова, Е. К., Михалев, Е. В. (2025). Формирование редокс-состоя в листьях проростков пшеницы под действием экстракта вешенки. *Химия растительного сырья*, 4, 335–347. [Tarasov, S. S., Krutova, E. K., Mikhailov, E. V. (2025). Redoxome formation in leaves of wheat seedlings under the influence of oyster mushroom extract. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 4, 335–347. (In Russian)] <https://doi.org/10.14258/jcpm.20250413912>
 18. Hebbani, A. V., Bulle, S., Kanu, V. R., Malini, A. B., Reddy, V. D., Chakravarthula, V. N. (2020). Nephro-protective activity of wheatgrass juice against alcohol-induced oxidative damage in rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 30(9), 679–686. <https://doi.org/10.1080/15376516.2020.1810837>
 19. Солодников, С. Ю., Люшина, Г. А., Колесова, О. В., Маслова, В. В., Андреева, Ю. В., Кузнецов, А. А. (2015). Оценка биологических свойств сока из ростков пшеницы. Разработка технологии его получения. *Техника и технология пищевых производств*, 3(38), 62–68. [Solodnikov, S. Yu., Lyushina, G. A., Kolesova, O. V., Maslova, V. V., Andreeva, Yu. V., Kuznetsov, A. A. (2015). Assessment of biological properties of wheat grass juice. Technology development for its production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 3(38), 62–68. (In Russian)]
 20. Deepak, B., Farha R. S., Prajna P. S., Rashmitha, A., Yuvaraj, P., Shrikanth, M. (2025). Therapeutic potential of wheatgrass juice: A comprehensive narrative review. *Journal of Pharmacy and BioAllied Sciences*, 17(Suppl 1), S152–S154. <https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs.179.25>
 21. Minocha, N., Saini, N., Pandey, P. (2022). Nutritional prospects of wheatgrass (*Triticum aestivum*) and its effects in treatment and chemoprevention. *Exploration of Medicine*, 3, 432–442. <https://doi.org/10.37349/emed.2022.00104>
 22. Eissa, H. A., Mohamed, S. S., Hussein, A. M. S. (2020). Nutritional value and impact of wheatgrass juice (Green Blood Therapy) on increasing fertility in male albino rats. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, Article 30. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-0272-x>
 23. Abu-Elfotuh, K., Ragab, G. M., Salahuddin, A., Jamil, L., Abd Al Haleem, E. N. (2021). Attenuative effects of fluoxetine and *Triticum aestivum* against aluminum-induced Alzheimer's disease in rats: The possible consequences on hepatotoxicity and nephrotoxicity. *Molecules*, 26(21), Article 6752. <https://doi.org/10.3390/molecules26216752>
 24. Олесова, Л. Д., Борисова, Н. Т., Охлопкова, Е. Д., Ефремова, С. Д. (2025). Оценка влияния некоторых биологических свойств сока из ростков ячменных сортов пшеницы на организм женщин. *Якутский медицинский журнал*, 3, 43–47. [Olesova, L. D., Borisova, N. T., Okhlopova, E. D., Efremova, S. D. (2025). Evaluation of the effect of some biological properties of sprout juice of Yakut wheat varieties on women's bodies. *Yakut Medical Journal*, 3, 43–47. (In Russian)] <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.91.10>
 25. Deepak, Lakshmeesha, D. R. (2022). Study to assess the efficacy of wheatgrass juice therapy intervention on hemoglobin level in adolescent anemic females. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12, 30–35. <https://doi.org/10.35652/IGJPS.2022.12003>
 26. Takács, I., Urkon, M., Kiss, T., Horváth, E., Laczkó-Zöld, E., Zomborszki, Z. P. et al. (2021). The effect of wheatgrass lyophilizate on blood clotting time in rats. *Scientia Pharmaceutica*, 89(3), Article 39. <https://doi.org/10.3390/scipharm89030039>
 27. Ali, N., Popović, V., Koutchma, T., Warriner, K., Zhu, Y. (2020). Effect of thermal, high hydrostatic pressure, and ultraviolet-C processing on the microbial inactivation, vitamins, chlorophyll, antioxidants, enzyme activity, and color of wheatgrass juice. *Journal of Food Process Engineering*, 43(1), Article e13036. <https://doi.org/10.1111/JFPE.13036>
 28. Devi, C. B., Bains, K., Kaur, H. (2019). Effect of drying procedures on nutritional composition, bioactive compounds and antioxidant activity of wheatgrass (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 491–496. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3473-7>
 29. Tullo, A. (2021). Minerals and vitamins analysis of two bread wheat varieties for wheatgrass juice content. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 6(3), 73–78. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20210603.12>
 30. Petrović, S., Vila, S., Šestan, S. G., Rebekić, A. (2024). Variation in nutritional value of diverse wheat genotypes. *Agronomy*, 14(2), Article 311. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020311>
 31. Sharma, A., Yadav, M., Sharma, N., Kumari, A., Kaur, S., Meenu, M. et al. (2022). Comparison of wheatgrass juices from colored wheat (white, black, blue, and purple) for health promoting phytochemicals. *Food Research International*, 161, Article 111833. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111833>
 32. Sharma, N., Tiwari, V., Vats, S., Kumari, A., Chunduri, V., Kaur, S. et al. (2020). Evaluation of anthocyanin content, antioxidant potential and antimicrobial activity of black, purple and blue colored wheat flour and wheat-grass juice against common human pathogens. *Molecules*, 25(24), Article 5785. <https://doi.org/10.3390/molecules25245785>
 33. Захаренко, В. А., Давыдова, Н. В. (2020). Фитосанитарный потенциал высокопродуктивных сортов яровой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка». *Защита и карантин растений*, 5, 13–15. [Zakharenko, V. A., Davydova, N. V. (2020). Phytosanitary potential of highly productive spring wheat varieties of the Federal Research Center «Nemchinovka» selection. *Plant Protection and Quarantine*, 5, 13–15. (In Russian)]
 34. Ториков, В. Е., Мельникова, О. В., Никифоров, В. М., Резунов, А. А. (2025). Урожайность и качество зерна современных сортов яровой пшеницы в условиях центрального Черноземья. *Вестник Брянской ГСХА*, 1(107), 11–19. [Torikov, V. Ye., Mel'nikova, O. V., Nikiforov, V. M., Rezunov, A. A. (2025). Yields and grain quality of modern spring wheat varieties in the conditions of the central Non-Black Soil Zone. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 1(107), 11–19. (In Russian)]
 35. Шишкин, А. С., Амелин, А. В. (2024). Влияние приемов химизации на урожайность и качество зерна у современных сортов яровой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного региона России. *Вестник аграрной науки*, 5(110), 51–61. [Shishkin, A. S., Amelin, A. V. (2024). The influence of chemicalization techniques on grain yield and quality in modern varieties of spring wheat in the conditions of the central Black Earth Region of Russia. *Bulletin of Agrarian Science*, 5(110), 51–61. (In Russian)] <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2024.5.51>
 36. Василевская, Е. Р., Арюзина, М. А., Ахремко, А. Г. (2022). Био конверсия *in vitro*: сравнение мультиферментных систем INFOGEST 2.0 и протокола Покровского-Ертанова. *Все о мясе*, 6, 44–49. [Vasilevskaya, E. R., Aruzina, M. A., Akhremko, A. G. (2022). *In vitro* bioconversion: Comparison of multi-enzyme systems INFOGEST 2.0 and Pokrovkiy-Ertanov protocol. *Vsyo o Myase*, 6, 44–49. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2022-6-44-49>
 37. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Retrieved from: <https://www.fao.org/4/i3124e/i3124e.pdf> Accessed December 15, 2025.
 38. Rexhepi, A. H., Kongoli, R. (2015). Sensory analysis for consumer acceptance and juice extraction yield of wheatgrass, barley grass and oat grass juices. *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, 3(12), 407–413.
 39. Qamar, A., Saeed, F., Nadeem, M. T., Hussain, A. I., Khan, M. A., Niaz, B. (2019). Probing the storage stability and sensorial characteristics of wheat and barley grasses juice. *Food Science and Nutrition*, 7(2), 554–562. <https://doi.org/10.1002/fsn3.841>
 40. Bawa, K., Brar, J. K., Singh, A., Gupta, A., Kaur, H., Bains, K. (2022). Wheatgrass powder-enriched functional pasta: Techno-functional, phytochemical, textural, sensory, and structural characterization. *Journal of Texture Studies*, 53(4), 517–530. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12680>
 41. Devi, C. B., Chatli, M. K., Bains, K., Kaur, H., Rindhe, S. N. (2019). Enrichment of wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) juice and powder in milk and meat-based food products for enhanced antioxidant potential. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(6), 3259–3268. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.806.388>
 42. Thakur, N., Dhaliwal, H. S., Sharma, V. (2019). Chemical composition, minerals and vitamins analysis of lyophilized wheatgrass juice powder. *International Journal on Emerging Technologies*, 10(4), 137–144.
 43. de Wit, N., Esser, D., Siebelink, E., Fischer, A., Sieg, J., Mes, J. (2019). Extrinsic wheat fibre consumption enhances faecal bulk and stool frequency: A randomized controlled trial. *Food and Function*, 10(2), 646–651. <https://doi.org/10.1039/c8fo01649f>
 44. Ростовская, М. Ф., Извекова, А. Н., Алябьев, Б. А., Приходько, Ю. В. (2014). Динамика азотистых веществ в процессе солодоращения зерна пшеницы с различным содержанием белка. *Химия растительного сырья*, 2,

- 261–266. [Rostovskaya, M. F., Izvekova, N. N., Alyabyev, B. A., Prikhodko, Y. V. (2014). Dynamics of nitrogen compounds during malting process of wheat with different protein levels in grain. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2, 261–266. (In Russian)] <https://doi.org/10.14258/cprm.1402261>
45. Wang, Y., Wang, D., Tao, Z., Yang, Y., Gao, Z., Zhao, G., et al. (2021). Impacts of nitrogen deficiency on wheat (*Triticum aestivum* L.) grain during the medium filling stage: Transcriptomic and metabolomic comparisons. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 674433. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.674433>
46. Дегтярев, И. А., Гаравири, М., Фоменко, И. А., Вострикова, Н. Л., Машенцева, Н. Г. (2025). Сравнение функционально-технологических свойств и аминокислотного состава изолятов белка растительного происхождения. *Вестник КРАСГАУ*, 2(215), 202–215. [Degtyarev, I. A., Garaviri, M., Fomenko, I. A., Vostrikova, N. L., Mashentseva, N. G. (2025). Comparison of functional and technological properties and amino acid composition of protein isolates of plant origin. *Bulliten KrasSAU*, 2(215), 202–215. (In Russian)] <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-2-202-215>
47. Колпакова, В. В., Уланова, Р. В., Куликов, Д. С., Гулакова, В. А., Семенов, Г. В., Шевякова, Л. В. (2022). Показатели качества гороховых и нуттовых белковых концентратов. *Техника и технология пищевых производств*, 52(4), 649–664. [Kolpakova, V. V., Ulanova, R. V., Kulikov, D. S., Gulakova, V. A., Semenov, G. V., Shevjakova, L. V. (2022). Pea and chickpea protein concentrates: Quality indicators. *Food Processing: Techniques and Technology*, 52(4), 649–664. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2394>
48. Hoffman, J. R., Falvo, M. J. (2004). Protein — Which is Best? *Journal of Sports Science and Medicine*, 3(3), 118–130.
49. Зенькова, М. Л., Акулич, А. В., Мельникова, Л. А., Тимофеева, В. Н. (2020). Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 58–68. [Zenkova, M. L., Akulich, A. V., Melnikova, L. A., Timofeeva, V. N. (2020). Nutrient profile research of sprouted soft wheat grain grown in Belarus. *Storage and Processing of Farm Products*, 3, 58–68. (In Russian)] <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.339>
50. Relina, L. I., Suprun, O. H., Boguslavskyi, R. L., Didenko, S. Yu., Vecherska, L. A., Golik, O. V. (2020). Fatty acid composition of oil from grain of some tetraploid wheat species. *Biotechnologia Acta*, 13(2), 56–64. <https://doi.org/10.15407/bio-tech13.02.056>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Панкратов Игорь Владимирович — аспирант, младший научный сотрудник, лаборатория процессов и оборудования консервного производства, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская область, Видное, ул. Школьная, 78 E-mail: i.pankratov@fncps.ru ORCID: http://orcid.org/0009-0006-1891-3424	Igor V. Pankratov , Graduate Student, Junior Researcher, Laboratory of Processes and Equipment for Canning Production, Russian Research Institute of Canning Technology 78, Shkol'naya str., 142703, Vidnoe, Moscow region, Russia E-mail: i.pankratov@fncps.ru ORCID: http://orcid.org/0009-0006-1891-3424
Куликов Денис Сергеевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория процессов и оборудования консервного производства, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская область, Видное, ул. Школьная, 78 E-mail: d.kulikov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2171-0522 * автор для контактов	Denis S. Kulikov , Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Processes and Equipment for Canning Production, Russian Research Institute of Canning Technology 78, Shkol'naya str., 142703, Vidnoe, Moscow region, Russia E-mail: d.kulikov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2171-0522 * corresponding author
Королев Алексей Александрович — кандидат технических наук, ведущий лабораторией процессов и оборудования консервного производства, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская область, Видное, ул. Школьная, 78 E-mail: a.korolev@fncps.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-7144-2522	Alexey A. Korolev , Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Processes and Equipment for Canning Production, Russian Research Institute of Canning Technology 78, Shkol'naya str., 142703, Vidnoe, Moscow region, Russia E-mail: a.korolev@fncps.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-7144-2522
Калугина Зоя Ивановна — младший научный сотрудник, Научно-исследовательский испытательный центр, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская обл., Видное, ул. Школьная, 78 E-mail: z.kalugina@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0007-9254-6009	Zoya I. Kalugina , Junior Researcher, Research and Testing Center, Russian Research Institute of Canning Technology 78, Shkol'naya str., Vidnoe, 142703, Moscow region, Russia E-mail: z.kalugina@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0007-9254-6009
Буданов Андрей Вадимович — младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская обл., Видное, ул. Школьная, 78 E-mail: a.budanov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0001-3019-0648	Andrey V. Budanov , Junior Researcher, Research and Testing Center, Russian Research Institute of Canning Technology 78, Shkol'naya str., Vidnoe, 142703, Moscow region, Russia E-mail: a.budanov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0001-3019-0648
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare that there is no conflict of interest.