

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-2-107-113>

Поступила 13.04.2022

Поступила после рецензирования 29.04.2022

Принята в печать 06.05.2022

© Панкратов Г. Н., Мелешкина Е. П., Витол И. С., Кечкин И. А., Коломиец С. Н., 2022

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

Научная статья

Open access

# БЕЛКОВО-ЖИРОВОЙ КОНЦЕНТРАТ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Панкратов Г. Н., Мелешкина Е. П., Витол И. С.\*; Кечкин И. А., Коломиец С. Н.

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, Москва, Россия

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

чечевица, лен,  
бинарная зерносмесь,  
технологическая схема размола,  
чечевично-льняная мука,  
биохимическая оценка

## АННОТАЦИЯ

Пшеничная мука, особенно мука высших сортов, значительно обеднена макро-, микронутриентами и такими ценными компонентами, как незаменимые аминокислоты, эссенциальные жирные кислоты, витамины, минеральные вещества, растворимые и нерастворимые пищевые волокна. С целью обогащения пшеничной муки была получена чечевично-льняная мука (белково-жировой концентрат) с высоким содержанием белка (27,5%) и жира (11,9%). Разработанная технологическая схема совместного размола семян чечевицы (67%) и льна (33%) включала I–III драные системы, шлифовочную систему, вымольную систему, 1–3 размольные системы. При исследовании физико-химических, биохимических показателей установлено, что по механическим характеристикам белково-жировой концентрат был близок к соответствующим показателям пшеничной муки. Значительная доля альбумино-глобулиновой фракции растворимых белков (88%), а также высокое содержание наиболее дефицитной эссенциальной  $\alpha$ -линоленовой кислоты (6,11% против 0,05% в пшеничной муке с учетом общего содержания жира) свидетельствуют о высокой пищевой и биологической ценности полученного продукта. Оценка влияния белково-жирового концентрата на показатели готовых изделий (крекеры) показала, что его внесение в количестве 15% от общего объема муки не только не ухудшает, а по некоторым критериям даже улучшает органолептические показатели. Высокая суммарная органолептическая оценка (32 балла) свидетельствует о стандартном качестве полученного продукта. Добавление 15% чечевично-льняной муки от общей массы муки при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий позволит расширить ассортимент сбалансированных мучных изделий, существенно сократить дефицит эссенциальной  $\alpha$ -линоленовой кислоты в рационе питания при их потреблении в соответствии с физиологическими нормами.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2022–0006 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 13.04.2022

Accepted in revised 29.04.2022

Accepted for publication 06.05.2022

© Pankratov G. N., Meleshkina E. P., Vitol I. S., Kechkin I. A., Kolomiets S. N., 2022

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

Original scientific article

Open access

# PROTEIN-FAT CONCENTRATE FOR ENRICHMENT OF WHEAT FLOUR

Georgy N. Pankratov, Elena P. Meleshkina, Irina S. Vitol\*, Ivan A. Kechkin, Svetlana N. Kolomiets

All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing, Moscow, Russia

## KEY WORDS:

lentils, flax, binary grain mixture,  
technological scheme of grinding,  
lentil-flax flour, biochemical  
evaluation

## ABSTRACT

Wheat flour, especially high grade flour, is significantly impoverished in macro-, micronutrients and other valuable components such as essential amino acids, essential fatty acids, vitamins, minerals, soluble and insoluble dietary fibers. To enrich wheat flour, the authors produced lentil-flax flour (protein-fat concentrate) with the high protein (27.5%) and fat (11.9%) content. The developed technological scheme of the combined grinding of lentil (67%) and flax (33%) seeds included the I–III break systems, sizing system, scratch system, 1–3 reduction systems. When studying physico-chemical and biochemical indicators, it was found that the protein-fat concentrate was close to the corresponding indicators of wheat flour by mechanical characteristics. A significant proportion of the albumin-globulin fraction of soluble proteins (88%), as well as the high content of the most deficient essential  $\alpha$ -linolenic acid (6.11% compared to 0.05% in wheat flour with regard to the total fat content) suggest the high nutritional and biological value of the obtained product. Evaluation of an effect of the protein-fat concentrate on the indicators of the finished products (crackers) showed that its introduction in an amount of 15% of the total flour volume not only did not worsen but even improved sensory indices by several criteria. The high total sensory score (32 points) indicates the standard quality of the obtained product. Addition of lentil-flax flour in an amount of 15% of total flour weight in production of bakery products as well as bakery confectionary products will allow extending the assortment of balanced farinaceous products, significantly reducing the deficiency of essential  $\alpha$ -linolenic acid in diets upon their consumption according to the physiological norms.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FGUS-2022–0006 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Панкратов, Г. Н., Мелешкина, Е. П., Витол, И. С., Кечкин, И. А., Коломиец, С. Н. (2022). Белково-жировой концентрат для обогащения пшеничной муки. *Пищевые системы*, 5(2), 107–113. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-2-107-113>

FOR CITATION: Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., Kolomiets, S. N. (2022). Protein-fat concentrate for enrichment of wheat flour. *Food systems*, 5(2), 107–113. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-2-107-113>

## 1. Введение

Для восполнения дефицита ценных пищевых компонентов, которыми обеднена пшеничная мука высших сортов, в настоящее время получают все более широкое распространение композитные виды муки, мультизерновые виды хлеба и хлебобулочных изделий, предлагаются способы получения и использования муки из нетрадиционных культур, а также используют обогатители на основе бобовых, масличных, овощных и плодовых культур для обогащения пшеничной муки. Это позволяет добиться сбалансированного состава по макро- и микронутриентам, незаменимым факторам питания, компонентам функционального назначения, таким как незаменимые аминокислоты, эссенциальные ПНЖК, витамины, макро- и микроэлементы, минорные биологически активные соединения [1–10].

Вопросы, связанные с обогащением пшеничной муки, являются крайне важными с точки зрения обеспечения населения России сбалансированными продуктами, что закреплено в Концепции государственной политики в области здорового питания, поскольку хлеб и другие мучные изделия являются продуктами массового спроса и их доля в рационе питания в нашей стране доходит до 40%, а для некоторых категорий превышает этот показатель [11–17].

Во ВНИИ зерна и продуктов его переработки разработана инновационная технология совместной переработки бинарной зерновой смеси на основе зерна пшеницы и семян льна [18–20].

Введение в состав смеси семян льна позволяет существенно обогатить и сбалансировать состав получаемых зерновых продуктов, скорректировать жирнокислотный состав полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) семейства  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6. Семена льна — ценный пищевой компонент, обладающий не только высоким содержанием белка и жира, но и уникальным составом этих макронутриентов, в первую очередь, полиненасыщенных жирных кислот. Не следует забывать и о высокой пищевой и биологической ценности белкового комплекса семян льна, который характеризуется высокой долей альбумино-глобулиновой фракции, наличием незаменимых аминокислот [6, 7, 11, 20–22].

Но для повышения количества и качества белка этого недостаточно, необходимо внесение определенного количества семян (бобов) бобовых культур, особенно богатых белком (по содержанию белка бобовые в 3–4 раза превосходят злаковые культуры).

Семена чечевицы содержат ценный белок, содержание которого в семенах различных образцов составляет 26–31%. В его состав входят незаменимые аминокислоты: по содержанию лизина, фенилаланина, треонина и лейцина белок чечевицы сходен с белком куриного яйца, при этом метионин и триптофан находятся в дефиците. По усвояемости организмом человека (86%) белки чечевицы лишь немногим уступают белкам животного происхождения. Углеводов в семенах чечевицы около 50%, а жира — в пределах 2%. Семена чечевицы содержат значительное количество макро- и микроэлементов (железо, цинк, фосфор, магний, калий, марганец, медь, молибден, бор, кобальт), витамины (витамины группы А, В, аскорбиновая кислота, инозитол) [23, 24]. В чечевице содержится большое количество селена — важнейшего элемента, участвующего в регуляторных и защитных функциях организма. 100 грамм семян чечевицы обеспечивают 77–122% рекомендуемой для человека недельной дозы селена [24]. Добавление чечевицы муки к пшеничной в количестве 15–20% повышает содержание белка в хлебе на 3–4%. Немаловажным фактором является и то, что чечевица по вкусовым качествам занимает одно из первых мест среди зернобобовых.

С учетом этого была разработана технология совместного помола трехкомпонентной зерносмеси на основе пшеницы, семян чечевицы и льна [25]. Однако процесс совместного размола зерна и семян с сильно отличающимися физико-химическими характеристиками (как показали исследования), вероятнее всего, будет сопряжен с определенными сложностями при масштабировании процесса на мукомольном производстве и может быть рекомендован для выработки мелких партий специального назначения.

Альтернативой вышеизложенному подходу может служить создание обогатителя пшеничной муки на основе семян чечевицы и льна. При этом необходимо учитывать влияние такого рода добавки на технологические, физико-химические, реологические и органолептические свойства композиционной муки, теста и хлеба.

Цель исследований — разработка технологических схем подготовки и размола бинарной смеси на основе семян чечевицы и льна для получения белково-жирового обогатителя пшеничной муки, а также характеристика полученных продуктов.

## 2. Материалы и методы

Объектом исследования служили семена чечевицы, белого масличного льна и чечевично-льняная мука, полученная при совместном размолу зерносмеси, которая состояла из 67% семян чечевицы и 33% семян белого льна. В Таблице 1 и Таблице 2 представлены технологические свойства и химический состав исходных компонентов зерносмеси.

Таблица 1. Технологические свойства исходных компонентов зерносмеси

Table 1. Technological properties of the initial components of the grain mixture

Культура	Влажность, %	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	*Средние геометрические размеры зерновки, мм
чечевица	9,0	54,86	826	a = 6,8; b = 3,0; l = 7,2
лен белый	5,2	8,40	668	a = 2,5; b = 1,2; l = 5,2

\* a — ширина, b — толщина, l — длина

Таблица 2. Химический состав исходных компонентов зерносмеси

Table 2. Chemical composition of the initial components of the grain mixture

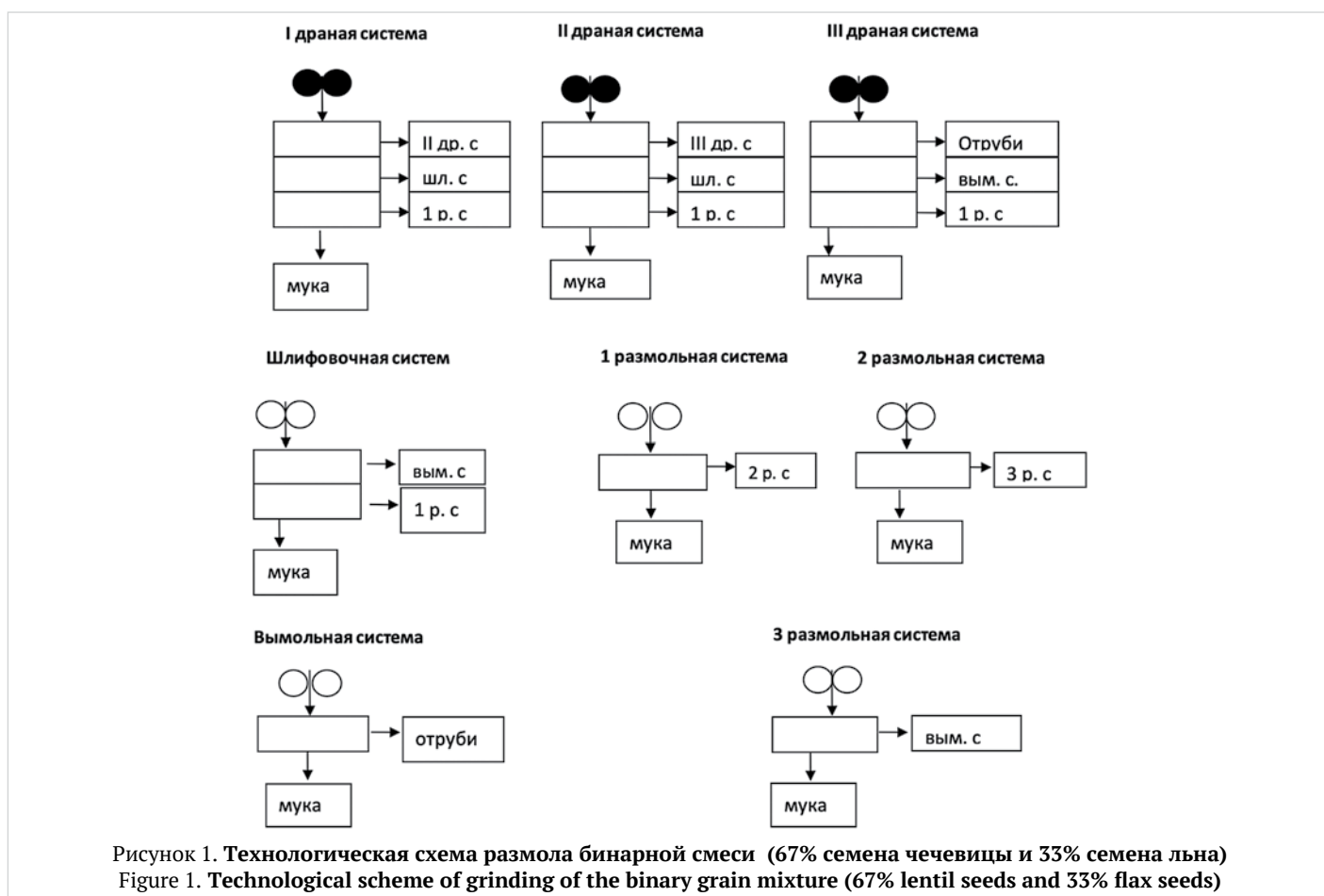
Культура	Белок, %	Жир, %	Крахмал, %	Клетчатка, %
чечевица	28,00	2,00	50,3	10,5
лен белый	24,68	39,80	5,2	15,0

Для исследования измельчения и получения чечевично-льняной муки использовали размольно-сортировочный агрегат РСА с рифлеными вальцами для драных систем (P-10<sup>1/см</sup>) и вальцами с микрошероховатой поверхностью на размольных системах, лабораторным рассевом и лабораторной вымольной машиной. Белизну муки определяли методом измерения отражательной способности уплотненно-сглаженной поверхности муки с применением фотоэлектрического прибора (ГОСТ 26361–2013<sup>1</sup>), зольность — сжиганием муки и отрубей с последующим определением массы несгораемого остатка (ГОСТ 27494–2016<sup>2</sup>). Общее содержание белка определяли по методу Кьельдаля (N×6,25) (ГОСТ 10846–91<sup>3</sup>);

<sup>1</sup> ГОСТ 26361–2013 «Мука. Метод определения белизны». Москва: Стандартинформ, 2014. — 16 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 27494–2016 «Мука и отруби. Методы определения зольности». Москва: Стандартинформ, 2019. — 15 с.

<sup>3</sup> ГОСТ 10846–91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка». Москва: Стандартинформ, 2009. — 9 с.



жира — по методу Сокслета (ГОСТ 29033–91<sup>4</sup>); клетчатки — по методу Кюшнера и Ганека; крахмала — по методу Эверса (ГОСТ 10845–98<sup>5</sup>); растворимого белка — по методу Лоури [26]. Определение фракционного состава белков проводили по методу Осборна; жирнокислотного состава — методом газовой хроматографии (хроматограф газовый 6890N с масс-селективным детектором Agilent 5975C, США).

Анализы проводили в трех повторностях, представляя результаты как средние арифметические. Расхождения между параллельными определениями не превышали 3% от среднего арифметического значения при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

### 3. Результаты и обсуждение

Процесс подготовки компонентов бинарной зерносмеси, состоящей из 33% семян льна и 67% семян чечевицы, предусматривал контрольное просеивание и последующее смешивание в течение 2–3 минут.

Размол бинарных смесей проводили на лабораторных мельничных установках. Драной процесс осуществляли на РСА с рифлеными вальцами, размольный процесс — на МЛУ 202 на вальцах с микрошероховатой поверхностью. Режим измельчения характеризовался суммарной величиной извлечения в драном процессе 80%, извлечение в размольном процессе составило от 40 до 60%.

Схема технологического процесса представлена на Рисунке 1.

Формирование потоков промежуточных продуктов в драном процессе проводили следующим образом: схо-

довые продукты получали на ситах 700–450 мкм; фракция крупных и средних крупок I и II драных систем направляли на шлифовочную систему. Фракции мелких крупок и дунста направляли на 1-ю размольную систему. Отбор муки в драном процессе получали проходом сита 200 мкм. Шлифовочный процесс проводили на станке с микрошероховатой поверхностью. Продукты размола направляли: сход — на вымольную систему, смесь крупок и дунста — на 1-ю размольную систему.

Последовательный размол круподунстовых продуктов осуществляли на 1–3 размольных системах. Муку размольных систем получали проходом сита 132 мкм. Дисперсность общей муки (белково-жировой концентрат): остаток на сите 250 мкм — 0%, проход сита 160 мкм — 85%. Общий выход муки составил 78%.

При исследовании физико-химических свойств белково-жирового концентрата (БЖК) были установлены следующие значения показателей:

- белизна — (– 13,2 ед. пр.);
- зольность — 2,8%;
- объемная масса — 490 г/л; при диапазоне значений объемной массы для различных видов и сортов муки — 300–600 г/л (среднее значение для пшеничной муки — 500 г/л);
- угол естественного откоса — 48°; при среднем значении для пшеничной муки — 45°;
- коэффициент трения по стальной поверхности для белково-жирового концентрата — 0,6; для пшеничной муки соответственно — 0,75.

Таким образом, белково-жировой концентрат по своим механическим свойствам был близок к соответствующим показателям пшеничной муки. Показатель белизны концентрата ожидаемо имел отрицательное значение, а его зольность значительно (более чем в 5 раз) превышала зольность

<sup>4</sup> ГОСТ 29033–91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». Москва: ИПК «Издательство стандартов», 2009. — 6 с.

<sup>5</sup> ГОСТ 10845–98 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала». Москва: ИПК «Издательство стандартов», 2001. — 4 с.

пшеничной муки (среднее значение для пшеничной муки – 0,5). Однако при добавлении БЖК к пшеничной хлебопекарной муке в количестве, не превышающем 15%, эти показатели не должны сказываться отрицательно на качестве готовых изделий, особенно мучных кондитерских изделий.

Немаловажное значение при переработке сырья, содержащего значительное количества жира, имеет показатель севкости сит. Кинетика просеивания БЖК на сите 160 мкм (контрольное просеивание) представлена на Рисунке 2.

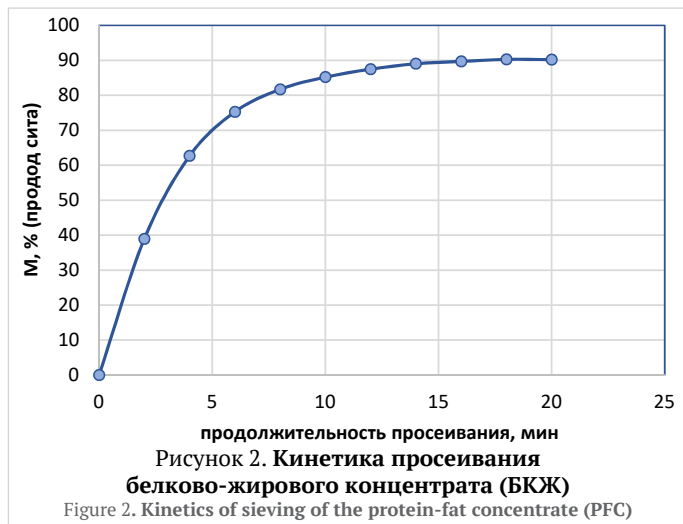


Рисунок 2. Кинетика просеивания белково-жирового концентрата (БЖК)

Figure 2. Kinetics of sieving of the protein-fat concentrate (PFC)

Анализ кинетики просеивания БЖК показывает, что процесс заканчивается к 12 минуте. Это свидетельствует о меньшей севкости по сравнению с пшеничной мукой, для которой норма составляет 10 минут.

Химический состав продуктов переработки двухкомпонентной смеси, состоящей из 67% семян чечевицы и 33% семян белого масличного льна, представлен в Таблице 3. Обращает на себя внимание тот факт, что содержание общего белка и жира в продуктах размола распределяется примерно одинаково с небольшим превосходством в образце отрубей, при этом содержание клетчатки в отрубях ожидаемо превосходит ее количество в муке более чем в 7 раз.

Таблица 3. Химический состав продуктов переработки двухкомпонентной смеси на основе чечевицы и льна

Table 3. Chemical composition of the products of processing of the binary mixture based on lentil and flax

Образец	Белок, %	Жир, %	Крахмал, %	Клетчатка, %
мука (БЖК)	27,46	11,9	52,34	2,4
отруби	28,31	12,9	28,50	17,3

Для оценки фракционного состава белков по Осборну: альбумины выделяли дистиллированной водой, глобулины – 10%-ным раствором NaCl, проламины – 70%-ным этанолом, глютелины – 0,2%-ным раствором NaOH. Соотношение фракций растворимых белков двухкомпонентной муки и отрубей представлено на Рисунке 3.

Полученные данные свидетельствуют о высокой доле альбумино-глобулиновой фракции, как в муке (88%), так и в отрубях (86%), отсутствием фракции спирторастворимых белков в обоих случаях и примерно равным количеством щелочорастворимых белков, доля которых составила для муки 9%, для отрубей – 10%.

Данные по жирнокислотному составу полученной чечевице-льняной муки вызывают интерес с точки зрения ее пищевой ценности и говорят о возможности ее использования в качестве обогатителя муки пшеничной. В качестве

контроля использовали данные по жирнокислотному составу пшеничной муки и трехкомпонентной муки, полученной при совместном размоле зерносмеси, которая состояла из 85% зерна пшеницы, 10% семян чечевицы и 5% семян льна [25] (Таблица 4).

Таблица 4. Жирнокислотный состав чечевице-льняной муки

Table 4. Fatty acid composition of lentil-flax flour

Наименование жирных кислот	Содержание ВЖК, %		
	мука пшеничная	мука трехкомпонентная	мука чечевице-льняная
C 14: 0 миристиновая	< 0,1	< 0,1	< 0,1
C 16: 0 пальмитиновая	19,64 ± 1,57	11,85 ± 0,95	5,95 ± 0,48
C 16: 1 пальмитолеиновая	< 0,1	0,16 ± 0,02	< 0,1
C 17: 0 маргариновая	< 0,1	< 0,1	< 0,1
C 17: 1 маргариолеиновая	< 0,1	< 0,1	< 0,1
C 18: 0 стеариновая	1,21 ± 0,13	3,55 ± 0,46	4,75 ± 0,52
C 18: 1 олеиновая	17,54 ± 1,40	17,22 ± 1,38	19,28 ± 1,56
C 18: 2 линолевая	57,95 ± 2,90	41,73 ± 3,09	18,16 ± 1,45
C 18: 3 α-линоленовая	2,95 ± 0,32	24,00 ± 0,48	51,42 ± 2,57
C 20: 0 арахидовая	< 0,1	0,18 ± 0,02	< 0,1
C 20: 1 гондоиновая	0,73 ± 0,08	0,42 ± 0,05	< 0,1
C 20: 2 эйкозодиеновая	< 0,1	< 0,1	< 0,1
C 22: 0 бегеновая	< 0,1	0,21 ± 0,02	0,2 ± 0,02
C 22: 1 эруковая	< 0,1	< 0,1	< 0,1
C 22: 2 докозодиеновая	< 0,1	< 0,1	< 0,1

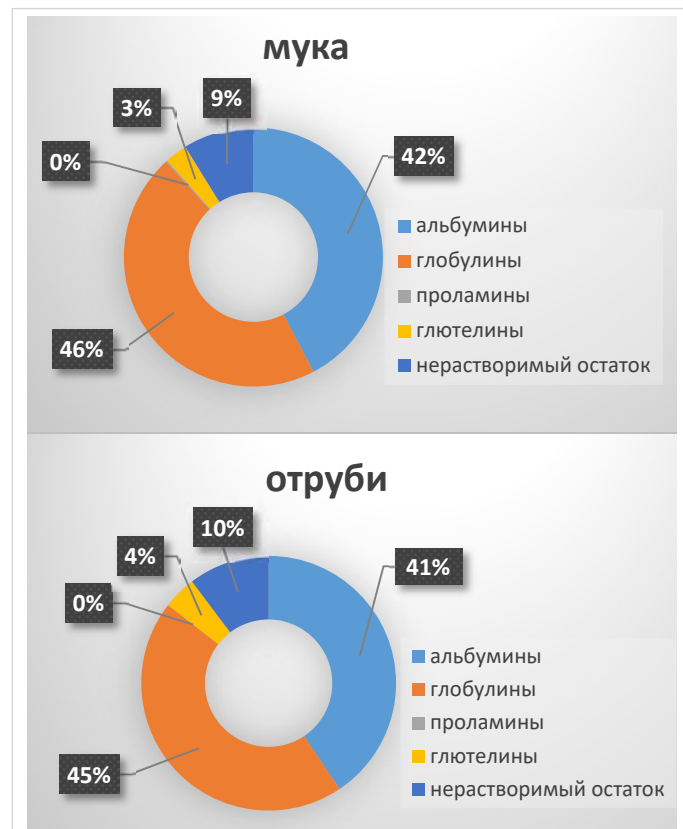
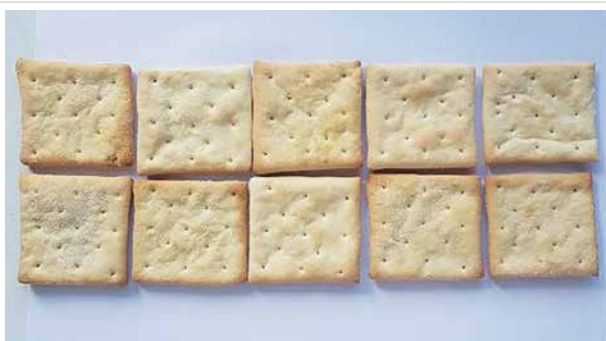


Рисунок 3. Фракционный состав растворимых белков продуктов переработки двухкомпонентной смеси на основе чечевицы и льна

Figure 3. Fractional composition of soluble proteins of the products of processing of the binary mixture based on lentil and flax



Контроль — мука пшеничная 100%



Опыт — мука пшеничная 85% + БЖК 15%

Рисунок 4. Выпечка крекеров из пшеничной муки (100%) и муки пшеничной, обогащенной БЖК

Figure 4. Baking of crackers from wheat flour (100%) and wheat flour enriched with PFC

Результаты анализа жирнокислотного состава чечевично-льняной муки (67% семян чечевицы и 33% семян льна) с учетом общего содержания жира в образцах свидетельствует о небольшом увеличении доли линолевой кислоты (семейство  $\omega$ -6): 0,93%; 1,17% и 2,16% и о значительном увеличении наиболее дефицитной эссенциальной  $\alpha$ -линоленовой кислоты (семейство  $\omega$ -3): 0,05%; 0,67% и 6,11% соответственно для муки пшеничной, трехкомпонентной и чечевично-льняной. Результаты позволяют сделать заключение, что хлебобулочные и мучные кондитерские изделия с добавлением 15% чечевично-льняной муки (БЖК) от общей массы муки при их потреблении в соответствии с физиологическими нормами [27,28] нивелируют недостаток ПНЖК и в определенной степени повышают сбалансированность рациона питания современного человека.

Для оценки влияния БЖК (15% от общего объема муки) на показатели готовых изделий выпекали крекеры методом пробной лабораторной выпечки (опыт). В качестве контроля использовали муку пшеничную хлебопекарную (Рисунок 4).

Оценку качества крекера проводили согласно методике, в которую наряду со стандартизованными показателями качества были включены разработанные новые показатели, характеризующие свойства готового крекера и связанные с показателями качества муки и реологическими свойствами теста: толщина 10-ти крекеров, формоустойчивость, жесткость, разность длины и ширины, органолептическая оценка внешнего вида, текстура, вкус и запах оценивались по пятибалльной шкале (Таблицы 4 и 5).

Добавление к пшеничной муке (контроль) БЖК на основе семян чечевицы и льна в количестве 15% способствовало получению более нежного, тонкого и хрустящего, более золотистого по цвету и почти правильной формы крекера (разница между длиной и шириной составила 1,8 мм, что меньше установленной нормы 2,5–3,5 мм). Цвет у контрольного варианта был светло-золотистый, форма изделия — в пределах нормы; отмечалось превышение по толщине, жесткости и небольшое превышение по формоустойчивости.

Таблица 5. Физико-химические показатели качества крекера

Table 5. Physico-chemical indicators of cracker quality

Вариант	Толщина 10 крекеров, мм	Вес 10 крекеров, г	Длина, мм	Ширина, мм	Разница между длиной и шириной, мм	Жесткость, кгс	Формоустойчивость, Н/Д, мм
Контроль	89	82,4	52,1	54,7	2,6	3309	0,167
Опыт	80	68,6	51,3	53,1	1,8	2355	0,153

Таблица 6. Органолептические показатели качества крекера

Table 6. Sensory indicators of cracker quality

Вариант	Цвет, балл	Форма, балл	Состояние поверхности, балл	Вид в изломе, балл	Текстура, балл	Вкус, балл	Запах, балл	Суммарная оценка, балл
Контроль	5	4	4	4	4	5	4	30
Опыт	5	5	4	4	5	5	4	32

Состояние поверхности у двух вариантов было следующим: гладкая с единичными неровностями, четкими отверстиями, небольшими вздутиями. Вид в изломе также у двух вариантов равномерный пропеченный, без следов непромеса; пористость неравномерная, слоистость выражена, были единичные небольшие уплотнения. Текстура крекера с добавлением БЖК нежная, легко ломалась, при разжевывании во рту рассыпалась; у контроля этот показатель хороший, продукт ломался с характерным хрустом, легко разжевывался.

Вкус у исследуемых вариантов был свойственный крекеру, приятный, ярко выраженный, без постороннего привкуса. Запах у двух вариантов — свойственный крекеру, приятный, не ярко выраженный. Суммарная органолептическая оценка у обоих вариантов составила более 28 баллов, что свидетельствует о стандартном качестве полученного продукта.

#### 4. Выводы

Разработанная технологическая схема совместного размола семян чечевицы и льна с высоким (33%) содержанием последних позволила получить белково-жировой концентрат с высоким содержанием белка (27,5%) и жира (11,9%). Оценка физико-химических и биохимических показателей полученного БЖК показала следующее: во-первых, механические характеристики БЖК близки к соответствующим показателям пшеничной муки; во-вторых, установлено значительное преобладание альбумино-глобулиновой фракции (88%) растворимых белков; в-третьих, выявлено преимущество БЖК по содержанию эссенциальной  $\alpha$ -линоленовой кислоты (6,11% с учетом общего содержания жира) в сравнении с пшеничной и трехкомпонентной мукой (0,05%; 0,67% соответственно). Все это свидетельствует о высокой пищевой и биологической ценности полученного продукта и возможности его использования в качестве обогатителя пшеничной муки. Данный вывод подтверждается и высокими органолептическими показателями (суммарная оценка 32 балла) готовых изделий (крекеры).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ahmad, A., Zulfiqar, S., Chatha, Z. A. (2020). Development of roasted flax seed cookies and characterization for chemical and organoleptic parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(1), 229–235. <http://doi.org/10.21162/pakjas/20.6552>
- Bhise, S., Kaur, A., Aggarwal, P. (2014). Development of protein enriched noodles using texturized defatted meal from sunflower, flaxseed and soybean. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5882–5889. <http://doi.org/10.1007/s13197-014-1630-1>
- Bochkarev M. S., Egorova E. Y., Reznichenko I. Y., Poznyakovskiy V. M. (2016). Reasons for the ways of using oilcakes in food industry. *Foods and Raw Materials*, 49(1), 4–12. <http://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-4-12>
- Ganorkar, P. M., Jain, R. K. (2013). Flaxseed — a nutritional punch. *International Food Research Journal*, 20(2), 519–525.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal Food Science Technology*, 51(9), 1633–1653. <http://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Gutte, K. B., Sahoo, A. K., Ranveer, R. C. (2015). Bioactive components of flaxseed and its health benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 31(1), 42–51, Article 09.
- Khouryeh, H., Aramouni, F. (2013). Effect of flaxseed flour incorporation on the physical properties and consumer acceptability of cereal bars. *Food Science and Technology International*, 19(6), 549–556. <http://doi.org/10.1177/1082013212462251>
- Бакуменко, О. Е., Алексеенко, Е. В., Некрасова, Э. И., Гильмиярова, О. Д. (2022). Исследование влияния порошка из семян пажитника на показатели качества ржано-пшеничного хлеба. *Пищевая промышленность*, 2, 12–15. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.2.2.002>
- Березина, Н. А., Артемов, А. В., Никитин, И. А. (2020). Разработка ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из мучных поликомпонентных смесей для функционального и диетического питания. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 5–6(377–378), 29–34. <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.5-6.6>
- Ефремов, Д. П. (2021). Перспективные отечественные разработки в области производства мучных изделий с семенами льна и продуктами их переработки. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 83(4), 209–218. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-4-209-218>
- Миневич, И. Э. (2019). Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2), 97–120. <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s224>
- Конева, С. И., Егорова, Е. Ю., Козубаева, Л. А., Резниченко, И. Ю. (2019). Влияние льняной муки на реологические свойства теста из пшеничной и льняной муки и качество хлеба. *Техника и технология пищевых производств*, 49(1), 85–96. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96>
- Тутельян, В. А., Никитюк, Д. Б., Батуринов, А. К., Васильев, А. В., Гаппаров, М. Г., Жилинская, Н. В. и др. (2020). Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи. *Вопросы питания*, 89(4), 24–34. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039>
- Тюрина, И. А., Невская, Е. В., Тюрина, О. И., Борисова, А. Е. (2019). Разработка хлебопекарной композитной смеси с высоким содержанием белка для обогащенных хлебобулочных изделий. *Хлебопродукты*, 9, 53–55. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-31-9-53-55>
- Куденкова, В. С., Неповинных, В. Н., Гринев, В. С., Лобунь, Е. В., Широков, А. А., Марк Го (2019). Разработка технологии хлеба повышен-
- ной пищевой ценности с добавкой цельнозерновых семян сафлора. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 4(370), 36–40. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.9>
- Крячко, Т. И., Малкина, Д. В., Жиркова, Е. В., Мартиросян, В. В., Смирнова, С. А., Славянский, А. А. (2019). Влияние порошка из капусты брокколи на хлебопекарные свойства пшеничной муки и реологические характеристики теста. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 2–3(368–369), 31–35. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.2-3.8>
- Вершинина, О. Л., Гончар, В. В., Росляков, Ю. Ф., Еремина А. Е., Симонян Э. А. (2019). Особенности технологии безглютеновых хлебобулочных изделий. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 2–3(368–369), 39–41. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.2-3.10>
- Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., Nagainikova, Yu. R. (2020). Technological schemes for the processes of preparation and milling binary grain mixtures and biochemical evaluation of produced products. *Food systems*, 3(3), 14–19. <http://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-3-14-19>
- Pankratov, G. N., Vitol, I. S., Meleshkina, E. P., Nagainikova, Yu. R., Kechkin, I. A. (2021). Development of technological schemes for the processes of preparation and milling of two-component grain mixtures. *IOP Conference Series. Earth and environmental science*, 640(3), Article 022049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022049>
- Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., Nagainikova, Yu. R., Kolomiets, S. N. (2020). Wheat-linen flour: Conditions for producing and biochemical features. *Russian Agricultural Sciences*, 46(4), 404–409. <http://doi.org/10.3103/S1068367420040138>
- Vitol, I. S., Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P. (2021). Biochemical characteristics of new varieties of flour from a binary mixture of wheat and flax. *IOP Conference Series. Earth and environmental science*. 640(3), Article 022050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022050>
- Мелешкина, Е. П., Панкратов, Г. Н., Витол, И. С., Кандроков, Р. Х. (2019). Новые функциональные продукты из двухкомпонентной зерновой смеси пшеницы и льна. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*, 2, 54–58. <http://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/54-58>
- Пашенко, В. Л. (2006). Бобы чечевицы — перспективный белковый обогатитель пищевых продуктов. *Успехи современного естествознания*, 12, 97.
- Кондыков, И. В. (2012). Культура чечевицы в мире и Российской Федерации (обзор). *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2(2), 13–20.
- Панкратов, Г. Н., Мелешкина, Е. П., Витол, И. С., Кечкин, И. А., Коломиец, С. Н. (2022). Технологические показатели новых сортов трехкомпонентной муки. *Пищевая промышленность*, 5, 16–19. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.5.5.004>
- Нечаев, А. П., Траубенберг, С. Е., Кочеткова, А. А., Колпакова, В. В., Витол, И. С., Кобелева, И. Б. (2006). Пищевая химия. Лабораторный практикум. СПб.: ГИОРД, 2006.
- MP 2.3.1.0253–21 Методические рекомендации «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». 2021 (Утверждены 22.07.21)
- Попова, А. Ю., Тутельян, В. А., Никитюк, Д. Б. (2021). О новых нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. *Вопросы питания*, 90(4)(536), 6–19. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>

## REFERENCES

- Ahmad, A., Zulfiqar, S., Chatha, Z. A. (2020). Development of roasted flax seed cookies and characterization for chemical and organoleptic parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(1), 229–235. <http://doi.org/10.21162/pakjas/20.6552>
- Bhise, S., Kaur, A., Aggarwal, P. (2014). Development of protein enriched noodles using texturized defatted meal from sunflower, flaxseed and soybean. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5882–5889. <http://doi.org/10.1007/s13197-014-1630-1>
- Bochkarev M. S., Egorova E. Y., Reznichenko I. Y., Poznyakovskiy V. M. (2016). Reasons for the ways of using oilcakes in food industry. *Foods and Raw Materials*, 49(1), 4–12. <http://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-4-12>
- Ganorkar, P. M., Jain, R. K. (2013). Flaxseed — a nutritional punch. *International Food Research Journal*, 20(2), 519–525.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal Food Science Technology*, 51(9), 1633–1653. <http://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Gutte, K. B., Sahoo, A. K., Ranveer, R. C. (2015). Bioactive components of flaxseed and its health benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 31(1), 42–51, Article 09.
- Khouryeh, H., Aramouni, F. (2013). Effect of flaxseed flour incorporation on the physical properties and consumer acceptability of cereal bars. *Food Science and Technology International*, 19(6), 549–556. <http://doi.org/10.1177/1082013212462251>
- Bakumenko, O. E., Alexeenko, E. V., Nekrasova, E. I., Gilmiyarova, O. D. (2022). Research on the effect of fenugreek seed powder on the quality indicators of ryewheat bread. *Food Industry*, 2, 12–15. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.2.2.002> (In Russian)
- Berezina, N. A., Artemov, A. V., Nikitin, I. A. (2020). Development of rye-wheat bakery products from flour multi-component mixtures for functional and dietary nutrition. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 5–6(377–378), 29–34. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.5-6.6> (In Russian)
- Efremov, D. P. (2021). Promising Russian developments in the production of flour products with flax seeds and products of their processing. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 83(4), 209–218. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-4-209-218> (In Russian)
- Minevich, I. E. (2019). Functional significance of flax seeds and practice of their use in food technologies. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2), 97–120. <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s224> (In Russian)
- Koneva, S. I., Egorova, E. Yu., Kozubaeva, L. A., Reznichenko, I. Yu. (2019). The effect of flaxseed flour on the rheological properties of dough made of flaxseed and wheat flour and bread quality. *Food Processing: Techniques and Technology*, 49(1), 85–96. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96> (In Russian)
- Tutelyan, V. A., Nikityuk, D. B., Baturin, A. K., Vasiliev, A. V., Gapparov, M. G., Zhilinskaya, N. V. et al. (2020). Nutriome as the direction

- of the “main blow”: determination of physiological needs in macroand micronutrients, minor biologically active substances. *Problems of Nutrition*, 89(4), 24–34. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039> (In Russian)
14. Tyurina, I. A., Nevskaya, E. V., Tyurina, O. I., Borisova, A. E. (2019). Development of a bakery composite mixture with a high protein content for enriched bakery products. *Bread Products*, 9, 53–55. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-31-9-53-55> (In Russian)
  15. Kutsenkova, V. S., Nepovinnikh, N. V., Grinev, V. S., Lyubun, E. V., Shirokov, A. A., Mark (Qingbin), Guo (2019). Development of technology of bread with enhanced nutritional value with the addition of whole-ground safflower seeds. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 4(370), 36–40. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.9> (In Russian)
  16. Kryachko, T. I., Malkina, V. D., Zhirkova, E. V., Martirosyan, V. V., Smirnova, S. A., Slavvanskiy, A. A. (2019). Influence of the broccoli cabbage powder on baking properties of wheat flour and rheological characteristics of dough. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 2–3(368–369), 31–35. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.2-3.8> (In Russian)
  17. Vershinina, O. L., Gonchar, V. V., Roslyakov, Yu. F., Eremina, A. E., Simonyan, E. A. (2019). Features technology of gluten-free bakery products. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 2–3(368–369), 39–41. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.2-3.10> (In Russian)
  18. Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., Nagainikova, Yu. R. (2020). Technological schemes for the processes of preparation and milling binary grain mixtures and biochemical evaluation of produced products. *Food Systems*, 3(3), 14–19. <http://doi.org/10.21523/2618-9771-2020-3-3-14-19>
  19. Pankratov, G. N., Vitol, I. S., Meleshkina, E. P., Nagainikova, Yu. R., Kechkin, I. A. (2021). Development of technological schemes for the processes of preparation and milling of two-component grain mixtures. *IOP Conference Series. Earth and environmental science*, 640(3), Article 022049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022049>
  20. Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., Nagainikova, Yu. R., Kolomiets, S. N. (2020). Wheat-linen flour: Conditions for producing and biochemical features. *Russian Agricultural Sciences*, 46(4), 404–409. <http://doi.org/10.3103/S1068367420040138>
  21. Vitol, I. S., Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P. (2021). Biochemical characteristics of new varieties of flour from a binary mixture of wheat and flax. *IOP Conference Series. Earth and environmental science*. 640(3), Article 022050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022050>
  22. Meleshkina, E. P., Pankratov, G. N., Vitol, I. S., Kandrov, R. Kh. (2019). New functional foods from two components grain mixture (wheat and flax). *Vestnik of the Russian Agricultural Sciences*, 2, 54–58. <http://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/54-58> (In Russian)
  23. Paschenko, V. I. (2006). Beans of lentil — perspective albuminous dresser foodstuff. *Advances in Current Natural Sciences*, 12, 97. (In Russian)
  24. Kondykov, I. V. (2012). Crop of lentil in the world and in the Russian Federation (Review). *Legumes and Groat Crops*, 2(2), 13–20. (In Russian)
  25. Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., Kolomiets, S.N. (2022). Technological indicators of various grades of three-component flour. *Food Industry*, 5, 16–19. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.5.5.004> (In Russian)
  26. Nechaev, A. P., Traubenberg, S. E., Kochetkova, A. A., Kolpakova, V. V., Vitol, I. S., Kobeleva, I. B. (2006). Food Chemistry. Laboratory practical work. St. Petersburg: GIOR, 2006. (In Russian)
  27. MR2.5.1.0253-21 Methodological recommendations “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation”. 2021 (Approved 22.07.21) (In Russian)
  28. Popova, A. Yu., Tutelyan, V. A., Nikityuk, D. B. (2021). On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation *Problems of Nutrition*, 90(4(536)), 6–19. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19> (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p><b>Панкратов Георгий Несторович</b> — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11 Тел.: +7-499-976-33-14 E-mail: pankratof.gn@yandex.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-3000-8631">https://orcid.org/0000-0002-3000-8631</a></p>	<p><b>Georgy N. Pankratov</b>, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing 11, Dmitrovskoye Shosse, Moscow, 127434, Russia Tel.: +7-499-976-33-14 E-mail: pankratof.gn@yandex.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-3000-8631">https://orcid.org/0000-0002-3000-8631</a></p>
<p><b>Мелешкина Елена Павловна</b> — доктор технических наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11 Тел.: +7-499-976-23-23 E-mail: mep5@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1339-7150">https://orcid.org/0000-0003-1339-7150</a></p>	<p><b>Elena P. Meleshkina</b>, Doctor of Technical Sciences, Director, All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing 11, Dmitrovskoye Shosse, Moscow, 127434, Russia Tel.: +7-499-976-23-23 E-mail: mep5@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1339-7150">https://orcid.org/0000-0003-1339-7150</a></p>
<p><b>Витол Ирина Сергеевна</b> — кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11 Тел.: +7-926-709-02-07 E-mail: vitolis@yandex.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5362-8909">https://orcid.org/0000-0001-5362-8909</a> * автор для контактов</p>	<p><b>Irina S. Vitol</b>, Candidate of Biological Sciences, Docent, Senior Researcher, All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing 11, Dmitrovskoye Shosse, Moscow, 127434, Russia Tel.: +7-926-709-02-07 E-mail: vitolis@yandex.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5362-8909">https://orcid.org/0000-0001-5362-8909</a> * corresponding author</p>
<p><b>Кечкин Иван Александрович</b> — кандидат технических наук, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11 Тел.: +7-905-766-08-30 E-mail: kechkin87@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2367-3676">https://orcid.org/0000-0002-2367-3676</a></p>	<p><b>Ivan A. Kechkin</b>, Candidate of Technical Sciences, Research Fellow, All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing 11, Dmitrovskoye Shosse, Moscow, 127434, Russia Tel.: +7-905-766-08-30 E-mail: kechkin87@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2367-3676">https://orcid.org/0000-0002-2367-3676</a></p>
<p><b>Коломиец Светлана Николаевна</b> — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11 Тел.: +7-905-766-08-30 E-mail: kolomietcs@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-3130-2285">https://orcid.org/0000-0002-3130-2285</a></p>	<p><b>Svetlana N. Kolomiets</b>, Candidate of Agricultural Science, Senior Researcher, All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing 11, Dmitrovskoye Shosse, Moscow, 127434, Russia Tel.: +7-926-238-25-67 E-mail: kolomietcs@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-3130-2285">https://orcid.org/0000-0002-3130-2285</a></p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>