



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК 664.664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.006

 EDN: QGEAEG

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В РЖАНОЕ ТЕСТО НА ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ХЛЕБА

Андрей Анатольевич Хлопов<sup>1</sup>, Сергей Григорьевич Ефименко<sup>2</sup>,  
Елена Сергеевна Лыбенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, Краснодар, Россия

<sup>3</sup> Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

<sup>1</sup> biohim@vniimk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8068-6668>

<sup>2</sup> akhlopov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3774-4329>

<sup>3</sup> elenalybenko@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8853-1903>

**Аннотация.** Льняная мука в связи с содержанием в ней ненасыщенных жирных кислот, белка, пищевых волокон, лигнанов и других веществ весьма полезна для питания человека. Особенно ценным в ней является содержание эссенциальной линоленовой (18:3) кислоты которая участвует в строении клеточных стенок человека. Проблематика внесения льняной муки в хлеб из пшеничной и смеси пшеничной и ржаной муки изучена достаточно широко. Было доказано, что количество льняной муки, которое можно добавлять в хлеб без ухудшения основных показателей качества составляет 10 %. В наших исследованиях изучены три способа внесения льняной муки в ржаное тесто: в сухом виде в дежу при замесе теста, в виде опары и в виде замоченной в воде муки. Технология приготовления ржаного хлеба традиционная, на живой закваске. Брожение (отдых) теста после замеса 5-10 мин. Методики определения качества готовых изделий общепринятые. В ходе проведения исследований было доказано, что добавление льняной муки в тесто в виде опары является оптимальным. Хлеб в этом варианте имел выпуклую куполообразную верхнюю корочку, развитую структуру пористости мякиша, прекрасный вид в изломе и соответствовал требованиям ГОСТ по физико-химическим показателям. Было отмечено, что льняной запах и вкус хлеба проявляются в наименьшей степени в тех вариантах, где льняная мука контактировала с водой до внесения в тесто. Содержание 18:3 жирной кислоты в льняной муке превышает 50 % общем жире, тогда как у хлеба соотношение кислот 18:1, 18:2 и 18:3 примерно одинаковое.

**Ключевые слова:** ржаной хлеб, льняная мука, льняная опара, способы приготовления полуфабрикатов, качество хлеба, жирнокислотный состав, омега-3, полиненасыщенные жирные кислоты.

**Для цитирования:** Хлопов А. А., Ефименко С. Г., Лыбенко Е. С. Изучение влияния способа внесения льняной муки в ржаное тесто на изменение жирнокислотного состава хлеба // Ползуновский вестник. 2024. № 3. С. 41 – 46. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.006, EDN: <https://elibrary.ru/qgeaeg>.

Original article

## TO INVESTIGATE EFFECT OF ADDING FLAXSEED FLOUR TO RYE DOUGH ON CHANGE IN FATTY ACID COMPOSITION OF BREAD

Andrey A. Khlopov<sup>1</sup>, Sergey G. Efimenko<sup>2</sup>, Elena S. Lybenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center "All-Russian Research Institute of Oilseeds

© Хлопов А. А., Ефименко С. Г., Лыбенко Е. С., 2024

named after V.S. Pustovoi", Krasnodar, Russia

<sup>3</sup> Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

<sup>1</sup> biohim@vniimk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8068-6668>

<sup>2</sup> akhlopov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3774-4329>

<sup>3</sup> elenalybenko@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8853-1903>

**Abstract.** Flaxseed flour, due to its content of unsaturated fatty acids, protein, dietary fiber, lignans and other substances, is very useful for human nutrition. Especially valuable in it is the content of essential linolenic acid (18:3), which is involved in the structure of human cell walls. The problems of introducing flaxseed flour into wheat bread and a mixture of wheat and rye flour have been studied quite widely. It has been proven that the amount of flaxseed flour that can be added to bread without deterioration of the main quality indicators is 10%. In our research, three methods of introducing flax flour into rye dough have been studied: in dry form in a bowl when kneading dough, in the form of sourdough and in the form of flour soaked in water. The technology of making rye bread is traditional, on a live starter. Fermentation (rest) of the dough after kneading 5-10 minutes. Methods for determining the quality of finished products are generally accepted. In the course of research, it has been proven that the addition of flaxseed flour to the dough in the form of sourdough is optimal. The bread in this variant had a convex domed upper crust, a developed crumb porosity structure, a beautiful view in the fracture and met the requirements of GOST for physico-chemical parameters. It was noted that the flaxseed smell and taste of bread are manifested to the least extent in those variants where flaxseed flour was in contact with water before being added to the dough. The content of 18:3 fatty acid in flaxseed flour exceeds 50% in total fat, whereas bread has an acid ratio of 18:1, 18:2 and 18:3 approximately the same.

**Keywords:** rye bread, flaxseed flour, flaxseed sponge, methods of preparation of semi-finished products, bread quality, fatty acid composition, omega-3, polyunsaturated fatty acids.

**For citation:** Khlopov, A. A., Efimenko, S. G. & Lybenko, E. S. (2024). To investigate the effect of adding flaxseed flour to rye dough on change in fatty acid composition of bread. *Polzunovskiy vestnik*. (3), 41-46. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.03.006. EDN: <https://elibrary.ru/qgeaeg>.

## ВВЕДЕНИЕ

Переоценить пользу влияния льняного семени на организм человека достаточно сложно. Лен является древнейшей культурой. Это одна из немногих культур, все части которой находят практическое применение. Из стеблей льна получают волокно, из которого производится колоссальное количество продукции начиная с тканей и хирургической ваты до пороха и наполнителя для пластмассы. Костра, оставшаяся после выделения волокна может использоваться как топливо для обогрева строительных объектов, теплоизоляционный материал, сырье для производства дорогой бумаги. Льняное семя находит такое же разнообразное применение от получения масла до разложения семян на пищевые и технологические ингредиенты: белок, пищевые волокна, гидроколлоиды, лигнаны.

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) не синтезируются в организме человека, но являются крайне важными для него. Более половины поступающих с пищей линолевой и линоленовой кислот расходуется организмом для восполнения энергетических затрат в течение суток [1].

Линолевая и линоленовая кислоты в организме человека могут являться биохимическими предшественниками физиологически значимых длинноцепочечных ПНЖК с 20-22 атомами углерода: арахидоновая (эйкозатетраеновая) кислота (20:4n-6), эйкозапентаеновая кислота

(20:5n-3) и докозагексаеновая кислота (22:6n-3) [2]. Они входят в состав фосфолипидов клеточных мембран [3].

Потребление омега-3 ПНЖК в достаточном для организма количестве достоверно снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [4, 5]. Чем больше ПНЖК получает человек с питанием, тем лучше работают его транспортные и сигнальные системы. В питании важно не только количество потребляемых ПНЖК, но и соотношение омега-6 и омега-3 ПНЖК. Оно должно быть не выше 2:1–3:1 [6].

Продукты переработки льняного семени находят применение в различных направлениях пищевой промышленности. Самое широкое распространение получило льняное масло, но его распространение сдерживается в связи с опасностью окислительной порчи липидных компонентов [7]. Для снижения окислительного эффекта селекционеры направили свои усилия на создание сортов льна линольного типа [8].

В измельченном виде семена льна применяются в молочных продуктах, мясных полуфабрикатах, хлебобулочных и кондитерских изделиях. Льняную муку добавляют в экструзионные продукты, фруктовые и овощные блюда [9], хлебопекарные смеси и улучшители [10]. Создана технология совместного помола пшеничной и льняной муки [11].

В результате изучения влияния льняной муки на показатели качества пшеничного хлеба

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В РЖАНОЕ ТЕСТО НА ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ХЛЕБА

и хлеба из смеси пшеничной и ржаной муки было установлено, что рекомендуемое количество льняной муки составляет 10-15 % [12, 13, 14]. В ржаное тесто следует добавлять не более 10 % льняной муки [15]. Введение льняной муки в рецептуру свыше 5 % приводит к проявлению у хлеба льняного вкуса [16].

Известно, что окисление растительных масел происходит на свету, при нагревании и в присутствии кислорода. Особенно это касается тех масел, которые содержат ПНЖК. При кратковременном температурном воздействии 45-70 °С в течение 90 мин и 100 °С до 6 ч. не происходит изменения жирнокислотного состава растительных масел и их купажей с льняным [17, 18]. Не изменяется жирнокислотный состав льняного масла при его нагреве до 178 °С в течение 90 мин. [19].

Указанные выше температуры нагрева растительных масел ниже нагрева теста тестовых заготовок при выпечке хлеба. Ржаной хлеб выпекается в более жестких условиях по сравнению с пшеничным хлебом и кондитерскими изделиями. В технологии ржаного хлеба используются хлебопекарные дрожжи и заквасочные микроорганизмы, которые могут повлиять на жирнокислотный состав в процессе приготовления готовых изделий. Поэтому, изучение жирнокислотного состава хлеба весьма интересно и актуально, поскольку современный покупатель активно интересуется вопросами здорового питания и новейших научных достижений в этой сфере.

Цель исследований: изучить жирнокислотный состав хлеба ржаного в зависимости от способов внесения льняной муки в тесто.

Задачи:

- Изучить показатели качества ржаного хлеба, выпеченного с добавлением льняной муки, подготовленной различными способами.
- Изучить жирнокислотный состав выпеченного хлеба.
- Определить, влияют ли хлебопекарные дрожжи на изменение жирнокислотного состава готовых изделий.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объекты исследований: льняная мука «Компас здоровья», ржаной хлеб с добавлением льняной муки, полуфабрикаты теста.

Льняная мука торговой марки «Компас здоровья» имеет коричневый цвет, выраженный льняной запах и вкус. При разжевывании проявляется обволакивающая текстура.

Льняная мука была внесена в тесто в количестве 10 % взамен ржаной. Хлеб выпекался по традиционной технологии на живой закваске. Её готовили из ржаной муки и воды с добавлением стартовой заквасочной культуры и заквашивали до накопления кислотности 18 град. Готовую закваску и остальные ингредиенты помещали в дежу тестомеса и замешивали тесто в течение

17 мин. на медленной скорости работы тестомеса со спиральным месильным органом. Температура теста конечная составляла 27-28 °С. Отдых теста после замеса 5 – 10 мин., разделка на тестовые заготовки по 350 г, формование, окончательная расстойка и выпечка при 220 °С в течение 20 мин.

### СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

К1 – ржаной хлеб  
К2 – ржаной хлеб + льняная мука в сухом виде.

В1 – ржаной хлеб + льняная мука в виде опары.

В2 – ржаной хлеб + льняная мука в замоченном виде.

Опару из льняной муки готовили в соотношении муки и воды = 1:2. Количество прессованных дрожжей – 2 % по муке. Начальная температура брожения опары – 30 °С. Продолжительность брожения опары 3 ч. Для того, чтобы исключить влияние дрожжей на льняную муку при брожении опары отдельно делали замоченную льняную муку по технологии опары, только без использования дрожжей.

Органолептические показатели качества хлеба определяли по методике балльной оценки [20]. Из физико-химических показателей качества определяли влажность мякиша хлеба (ГОСТ 21094-75), титруемую кислотность мякиша (ГОСТ 5670-96), пористость мякиша готовых изделий (ГОСТ 5669-96).

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА

Образцы хлебного мякиша измельчали для дальнейшего его низкотемпературного высушивания до 3-4 % для транспортировки и дальнейшего измельчения. На лабораторной мельнице измельчали по 10 г каждого образца и просеивали на сито в 0,5 мм. Затем проводили трехкратную экстракцию гексаном при комнатной температуре. Полученные липиды подвергали метанолизу в присутствии метилата натрия, в соответствии с ГОСТ 31665-2012 для получения метиловых эфиров жирных кислот.

Определение состава жирных кислот липидов образцов хлеба осуществляли с применением газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2» с автоматическим дозатором жидких проб на капиллярной колонке SolGelWax 30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм в токе газа – гелия со скоростью 27 см/с, с программированием температуры в пределах 182–236 °С.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе проведения исследований было установлено, что льняная опара и замоченная льняная мука незначительно отличаются по органолептическим показателям. Разница ощущается в том, что опара имеет более кислый вкус и запах брожения. Оба полуфабриката были с ми-

нимальным льняным запахом и вкусом. Конечная температура этих полуфабрикатов составила 29,5 °С. Опара из льняной муки набрала кислотность 3,4 град, а кислотность замоченной муки – 1,9 град.

При определении показателей качества теста было установлено, что кислотность теста варианта В1 составила 9,5 град, а у В2 и контролей она составила 9,0 град. Наибольшая влажность теста зафиксирована у вариантов В1 и В2. Она находилась на уровне 56,6 и 56,7 % соответственно. Влажность теста контролей была в пределах 53,6 - 53,9 %.

Органолептические показатели качества готовых изделий отражены на рисунке 1, а срезы готовых изделий – на рисунке 2.

Данные профилограммы показывают, что К1 и К2 сильно отличаются по органолептическим показателям. Внесение льняной муки в тесто в сухом виде – не самый лучший способ приготовления теста. У К2 сильно проседает пористость и запах мякиша, вид хлеба в изломе. Среди вариантов лучшие баллы за органолептические показатели у В1. Он незначительно превосходит К2, а уступает К1 лишь по таким показателям как вид в изломе и вкус.

На фотографии срезов хлеба видно, что у В1 самая равномерная пористость среди представленных изделий. Этот вариант выше К1 и у него более ровная и куполообразная верхняя корочка, что редкость для ржаного хлеба.

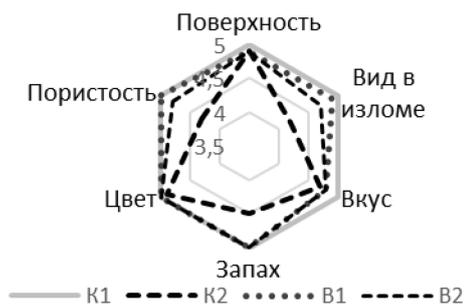


Рисунок 1 – Профилограмма органолептической оценки качества хлеба с добавлением льняной муки

Figure 1 – A profilogram of the organoleptic evaluation of the quality of bread with the addition of flaxseed flour



Рисунок 2 – Хлеб с добавлением льняной муки (слева направо: К1, К2, В1)

Figure 2 – Bread with the addition of flaxseed flour (from left to right: K1, K2, B1)

Физико-химические показатели качества готовых изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества хлеба с добавлением льняной муки

Table 1 – Physico-chemical indicators of the quality of bread with the addition of flaxseed flour

Варианты	Кислотность, град	Влажность, %	Пористость, %
Требования ГОСТ 2077 - 84	Не более 12,0	Не более 51,0	Не менее 48
К1	8,5	48,7	50
К2	8,5	49,0	45
В1	9,0	49,9	49
В2	8,6	49,8	49

Из данных, представленных в таблице 1 видно, что по кислотности и влажности мякиша хлеба все изделия соответствуют требованиям ГОСТ. Наибольшая кислотность отмечена у В1 (9,0 град). Влажность мякиша В1 и В2 самая высокая среди выпеченных изделий, она составляет

49,9 и 49,8 % соответственно. Пористость мякиша хлеба вариантов В1 и В2 49 %. Это выше, чем пористость у К2, но ниже, чем у К1.

Жирнокислотный состав ржаной и льняной муки, хлеба, выпеченного их этих продуктов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Жирнокислотный состав муки и ржаного хлеба с льняной мукой, % от общего количества жира (в абсолютно сухом веществе)

Table 2 – Fatty acid composition of flour and rye bread with flaxseed flour, % of the total amount of fat (in absolutely dry matter)

Жирные кислоты	Ржаная мука	Льняная мука	К1	К2	В1	В2
1	2	3	4	5	6	7
Миристиновая (C14:0)	0,08	0,05	0,09	0,07	0,06	0,06
Пальмитиновая (C16:0)	14,60	6,58	11,49	9,49	10,19	9,36
Стеариновая (C18:0)	0,67	3,24	1,18	2,13	2,19	2,11
Арахиновая (C20:0)	0,18	0,18	0,24	0,25	0,14	0,24
Бегеновая (C22:0)	0,20	0,21	0,15	0,37	0,28	0,32
Пальмитолеиновая (C16:1)	0,20	0,07	0,36	0,18	0,20	0,18

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В РЖАНОЕ ТЕСТО НА ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ХЛЕБА

Продолжение таблицы 2 / Continuation of table 2

1	2	3	4	5	6	7
Олеиновая (С18:1)	21,14	21,48	33,55	29,51	23,09	29,44
Линолевая (С 18:2)	53,41	14,24	42,56	30,61	31,51	30,54
Линоленовая (С18:3)	7,57	53,80	8,42	26,26	31,25	26,12
Эйкозеновая (С20:1)	1,92	0,15	1,66	1,12	1,10	1,10
Сумма насыщенных ЖК	15,73	10,26	13,15	12,31	12,86	12,09
Сумма ненасыщенных ЖК	84,24	89,74	86,55	87,68	87,15	87,38
Соотношение насыщенные / ненасыщенные ЖК	1 : 5,4	1 : 8,7	1 : 6,6	1 : 7,1	1 : 6,8	1 : 7,2
Соотношение омега-3 / омега-6 ЖК	1 : 7,1	1 : 0,3	1 : 5,1	1 : 1,2	1 : 1,0	1 : 1,2

Данные, представленные в таблице показывают, что в жире ржаной муки преобладает линолевая кислота. Её доля в общем жире составляет 53,4 %. Полиненасыщенная линоленовая кислота присутствует в количестве 7,5 %. Соотношение омега-3 : омега-6 составляет 1 : 7,1. Это значительно превышает рекомендуемое ВОЗ соотношение (1 : 2...1 : 3). В льняной муке «Компас здоровья» это соотношение также далеко от идеала, только перевес в другую сторону. Соотношение омега-3 : омега-6 = 1 : 0,3.

В ржаном хлебе (К1) преобладает линолевая (42,5 %) и олеиновая (33,5 %) кислоты. Сумма ненасыщенных жирных кислот составляет 89,7 %, а соотношение омега-3 : омега-6 = 1 : 5,1. В хлебе варианта К2 преобладают линолевая (30,6 %), олеиновая (29,5 %) и линоленовая (26,2 %) кислоты.

В хлебе с добавлением льняной муки количество жирных кислот изменяется от 0,1 % у миристиновой кислоты до 6,4 % у олеиновой. При этом сумма насыщенных и ненасыщенных жирных кислот изменяется в пределах 0,5 %.

Интересно отметить, что количество олеиновой кислоты уменьшилось в варианте хлеба на опаре из льняной муки с 29,5 до 23 %, а количество линолевой и линоленовой кислот возросло на 0,9 и 5 % соответственно. Можно предположить, что причиной такого изменения соотношения жирных кислот хлебе являлись хлебопекарные дрожжи. В аэробных условиях дрожжи обычно накапливают биомассу. При отсутствии полноценного питания (например, заканчивается углеводное питание), когда у дрожжей нет возможности синтезировать биомассу они могут накапливать липиды.

Кислота 18:1 (олеиновая) – метаболизируемая дрожжами кислота. Уменьшение её количества и нарастание количества 18:2 (линолевая) и 18:3 (линоленовая) в эксперименте свидетельствует о том, что идёт синтез биомассы этих кислот. Изменение количества жирных кислот в хлебе с 18 атомами углерода в варианте с замоченной льняной мукой незначительны, и находятся в пределах 0,1 %.

Соотношение омега-3 : омега-6 у хлебов с добавлением льняной муки в количестве 10 % составляет 1 : 1...1 : 1,2.

### ВЫВОДЫ

Показатели качества ржаного хлеба отличаются в зависимости от способа введения в тесто льняной полуобезжиренной муки. Наиболее оптимальным является внесение льняной муки в виде опары, приготовленной из муки льняной и воды в соотношении 1 : 2, количество дрожжей 2 % по муке, продолжительность брожения 3 часа. У хлеба этого варианта ровная куполообразная верхняя корочка, развитая структура пористости мякиша, хороший вид на изломе. Хлеб варианта В2 уступает хлебу В1 по органолептическим показателям, но у обоих вариантов льняной запах и вкус значительно менее выраженные по сравнению с хлебом, где льняная мука внесена в тесто в сухом виде.

В ржаном хлебе с добавлением льняной муки в 3-4 раза больше линоленовой (18 : 3) кислоты по сравнению с хлебом без внесения льняной муки. Соотношение омега-3 : омега-6 составляет 1 : 1...1 : 1,2, а у контроля это соотношение 1 : 7,1.

В варианте хлеба с льняной опарой было зафиксировано снижение количества олеиновой кислоты (18 : 1) на 6,4 %, и увеличение содержания линолевой (18 : 2) и линоленовой (18 : 3) кислот на 0,9 и 5 % соответственно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Broadhurst C.L. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: potential impact on early African Homo sapiens. / C.L. Broadhurst, Y. Wang, M.A. Crawford, S.C. Cunnane, J.E. Parkington, W.F. Schmidt // Comparative Biochemistry and Physiology B 131, 2002. P. 653-673.
2. Шарафетдинов Х. Х. и др. Особенности метаболизма полиненасыщенных жирных кислот при сахарном диабете 2 типа // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 3 (547). С. 15-24.
3. Гладышев М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // Журнал сибирского федерального университета. Биология. 2012. Т. 5. № 4. С. 352-386.
4. Кушникова И. П., Нелидова Н. В. Влияние омега-3 полиненасыщенных жирных кислот на сердечно-сосудистую систему // Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. Т. 2022. Т. 10. № 36.
5. Гурарий, Н. М. Питание и профилактика инсульта: обзор литературы / Н. М. Гурарий, Е. Р. Лебедева // Уральский медицинский журнал. 2011. № 2(80). С. 152-156.

6. Ильямакова Н. А., Горбунов В. В. Циркадные колебания variability ритма сердца и жирнокислотный состав мембран эритроцитов у больных нейроциркуляторной дистонией // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2009. Т. 87. № 4. С. 36-38.

7. Зубцов, В. А. Современные технологии переработки семян льна для создания продуктов питания массового потребления / В. А. Зубцов, И. Э. Миневиц, Л. Л. Осипова // Глобализация и эколого-экономическое развитие регионов. Москва: Московский государственный университет леса, 2015. С. 194-200.

8. Складаров, С. В. Сравнительная характеристика линий масличного льна с различным жирно-кислотным составом масла // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. С. 107-108.

9. Верболоз Е. И. Возможности производства нового экструдированного продукта / Е.И. Верболоз, А. Н. Пальчиков, О. И. Аксенова, О. В. Николаева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. №2.

10. Гаевская, В. В. Разработка нового комплексного улучшителя для муки с низкими хлебопекарными свойствами / В. В. Гаевская, Г. П. Лапина // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов. Тверь, 25–29 марта 2015 года / Ответственные за выпуск: Г. П. Лапина, П.С. Лихуша. Тверь: Тверской государственный университет, 2015. С. 9-11.

11. Панкратов Г.Н. Пшенично-льняная мука: условия получения и возможность хранения / Г. Н. Панкратов, Е. П. Мелешкина, И. С. Витол, С.Н. Коломиец, И. А. Кечкин // Пищевая промышленность. 2021. №2.

12. Конева, С. И. Перспективная рецептура хлеба из смеси ржаной, пшеничной и льняной муки / С. И. Конева, А. Н. Волохова // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. Бийск: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), 2016. С. 558-560.

13. Хлопов, А. А. Изучение качества хлебобулочных изделий с добавлением льняной муки / А. А. Хлопов, Е. С. Лыбенко // Науке нового века - знания молодым. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. С. 190-195.

14. Фатыхов И. И., Корепанова Е. В. Продуктивность сортов льна-долгунца и производство пшеничного хлеба с добавлением льняной муки // Инновационному развитию АПК – научное обеспечение, Международная науч.-практическая конф. «Пермская ГСХА», 2010. Ч. 2. С. 237-240.

15. Федоров, А. В. Изучение влияния льняной необезжиренной муки из семян льна масличного на качество ржаного хлеба / А. В. Федоров, Е. С. Лыбенко, А. А. Хлопов // Индустрия питания. 2023. Т. 8, № 3. С. 27-35.

16. Xu, Yingying, Hall, Clifford, Manthey, Frank Effect of Flaxseed Flour on Rheological Properties of Wheat

Flour Dough and on Bread Characteristics. Journal of Food Research. Vol. 3, No. 6; 2014

17. Бондаренко Ж. В., Эмелло Г. Г., Хаванская О. И. Влияние термообработки на устойчивость к окислению и жирнокислотный состав смеси растительных масел //Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2016. № 4 (186). С. 162-166.

18. Никитенко А. Н. и др. Исследование влияния термообработки на окислительную устойчивость купажей растительных масел в различных средах //Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2019. № 1 (217). С. 54-61.

19. Chen Z-Y, Rathayake W.M.N. Oxidative stability of flaxseed lipids during baking / J. Am.Oil. Chem.Soc. 1994. V.71.- PP.629-632.

20. Султаева, Н. Л. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий / Н. Л. Султаева, В. С. Перминова // Интернет-журнал Науковедение. 2015.Т. 7. № 1(26). С. 109-115.

### **Информация об авторах**

А. А. Хлопов – кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры общего земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ.

С. Г. Ефименко – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией биохимии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»

Е. С. Лыбенко кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры общего земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ.

### **Information about the authors**

S. G. Efimenko Candidate of Biological Sciences, Leading researcher, Head of the Laboratory of Biochemistry of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center "All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoiit",

A. A. Khlopov Candidate of Agricultural Sciences Department of General Agriculture and Plant Growing of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vyatka State Agrotechnological University".

E. S. Lybenko Candidate of Agricultural Sciences Department of General Agriculture and Plant Growing of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vyatka State Agrotechnological University".

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 22 ноября 2023; одобрена после рецензирования 20 сентября 2024; принята к публикации 04 октября 2024.*

*The article was received by the editorial board on 22 Nov 2023; approved after editing on 20 Sep 2024; accepted for publication on 04 Oct 2024.*