

Влияние льняной муки на качество ржаного хлеба

Андрей А. Хлопов ¹	akhlopov@yandex.ru	 0009-0003-3774-4329
Сергей Г. Ефименко ²	biohim@vniimk.ru	 0000-0002-8068-6668
Елена С. Лыбенко ¹	elenalybenko@rambler.ru	 0000-0001-8853-1903

1 Вятский государственный агротехнологический университет, пр-т Октябрьский, 133, г. Киров, 610017, Россия

2 Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта, ул. Филатова, 17, Краснодар, 350038, Россия)

Аннотация. Семена льна были и остаются востребованными в питании населения нашей страны. Они ценны своим химическим составом и содержат полиненасыщенные жирные кислоты, белок, лигнаны, пищевые волокна, слизи. Известно, что муку из льняных семян можно добавлять в различные виды хлеба на основе пшеничной муки в пределах 5–10%. У изделий может присутствовать льняной запах и вкус. Это ограничивает вывод такого хлеба в массовое производство. В исследованиях было изучено качество ржаного хлеба с добавлением льняной муки различного качества в количестве 10%. В хлеб вносили обезжиренную льняную муку торговой марки «Компас здоровья» а также муку из семян льна сортов ВНИИМК 620 ФН (типичный жирнокислотный состав) и Ы 117 (измененный жирнокислотный состав). Было установлено, что наибольшее количество жира (8,1%), и омега-3 жирных кислот (44,5%) содержится в ржаном хлебе с добавлением в тесто муки из семян льна сорта ВНИИМК 620 ФН. Превышение доли омега-3 жирных кислот в хлебе этого варианта по сравнению с контролем (8,4%) составило более чем в 5 раз. Хлеб других вариантов содержал около 25–26% омега-3 жирных кислот. По органолептическим и физико-химическим показателям качество хлеба с льняной мукой из семян сорта ВНИИМК 620 ФН находилось близко к контролю и было лучшим по совокупности показателей среди изучаемых вариантов хлеба.

Ключевые слова: ржаной хлеб, омега-3, жирные кислоты, показатели качества, льняная мука, лен масличный, функциональные ингредиенты.

The influence of flaxseed flour on the quality of rye bread

Andrey A. Khlopov ¹	akhlopov@yandex.ru	 0009-0003-3774-4329
Sergey G. Efimenko ²	biohim@vniimk.ru	 0000-0002-8068-6668
Elena S. Lybenko ¹	elenalybenko@rambler.ru	 0000-0001-8853-1903

1 Vyatka State Agrotechnological University, Oktyabrsky Ave., 133, Kirov, 610017, Russia

2 All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoi, 17 Filatov str., Krasnodar Krai, 350038, Russia

Abstract. Flax seeds have been and remain in demand in the nutrition of the population of our country. They are valuable for their chemical composition and contain polyunsaturated fatty acids, protein, lignans, dietary fibers, and mucus. It is known that flaxseed flour can be added to various types of bread based on wheat flour in the range of 5–10%. The products may have a flaxseed smell and taste. This limits the output of such bread into mass production. The research examined the quality of rye bread with the addition of flaxseed flour of various qualities in an amount of 10%. Low-fat flaxseed flour of the Compass of Health trademark was added to the bread, as well as flour from flax seeds of the VNIIMK 620 FN varieties (typical fatty acid composition) and Y 117 (modified fatty acid composition). It was found that the largest amount of fat (8.1%) and omega-3 fatty acids (44.5%) is contained in rye bread with the addition of flax seed flour of the VNIIMK 620 FN variety to the dough. The excess of the proportion of omega-3 fatty acids in bread of this variant compared to the control (8.4%) was more than 5 times. The bread of the other variants contained about 25–26% omega-3 fatty acids. According to organoleptic and physico-chemical indicators, the quality of bread with flaxseed flour from seeds of the VNIIMK 620 FN variety was close to control and was the best in terms of aggregate indicators among the studied bread options

Keywords: rye bread, omega-3, fatty acids, quality indicators, flaxseed flour, oilseed flax, functional ingredients.

Введение

Продукты переработки льняных семян не являются традиционным сырьем для хлебопечения. При этом особенности химического состава льняных ингредиентов позволяют использовать их для повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий.

Семена льна являются самым богатым растительным источником ненасыщенных жирных кислот – линолевой кислоты (омега-6)

и α -линоленовой (омега-3 до 57% в составе масла). Современными диетологами семена льна рассматриваются еще как ценный источник белка, растворимых и нерастворимых пищевых волокон, лигнанов [1–3]. В нашей стране жирные кислоты омега-3 и омега-6 определены ГОСТ Р 54059–2010 как функциональные пищевые ингредиенты.

Исследования индийских ученых по совместному внесению льняной и ячменной муки в темный хлеб в соотношении 50:20 позволили

Для цитирования

Хлопов А.А., Ефименко С.Г., Лыбенко Е.С. Влияние льняной муки на качество ржаного хлеба // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 74–80. doi:10.20914/2310-1202-2024-2-74-80

For citation

Khlopov A.A., Efimenko S.G., Lybenko E.S. The influence of flaxseed flour on the quality of rye bread. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 74–80. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-2-74-80

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

достичь таких результатов, что среднестатистические покупатели не смогли отличить полученный продукт от контрольного. Диетологи рекомендовали такой хлеб для геродиетического питания в связи с его высокой ценностью именно для этой возрастной категории жителей Индии [4].

В мировой практике семена льна относят к суперфудам благодаря обилию разнообразных функциональных фитохимических и питательных веществ [5]. Содержание белка в семенах льна достигает 22–26%, что сопоставимо с его количеством в семенах зернобобовых культур и ряда животных продуктов. Льняное семя содержит витамины А, Е, группы В (В1, В2, В6), фолиевую кислоту, цинк, магний, натрий и калий. Клетчатка льняной муки обладает пребиотической активностью, а фитоэстрогены семени – антиаллергическим и антиоксидантным действием. Антипитательные вещества льняного семени не оказывают негативного влияния на организм человека, часть из них разрушается при термической обработке [6, 7]. Химический состав муки из льняных семян позволяет включать этот компонент в качестве источника микронутриентов с целью обогащения и создания на этой основе продуктов функциональной направленности [8, 9], в том числе безглютеновых и вегетарианских [10, 11].

Внесение льняной муки в пшенично-ржаной и ржано-пшеничный хлеб изучали разные авторы. Учеными показана возможность и целесообразность использования этого ингредиента для повышения биологической ценности хлебобулочных изделий, расширения ассортимента и создания продуктов питания с функциональными свойствами. Рекомендуемое количество льняной муки составляет 5–10% [12–16].

При изучении влияния льняной муки на качество пшеничного хлеба установлена обратная достоверная корреляция содержания льняной муки в тесте с физическими характеристиками хлеба (объем буханки, пористость, эластичность), а также его общей дегустационной оценкой [17]. Изучение влияния льняной муки на традиционный пшеничный паровой в Китае хлеб показало, что с увеличением её количества снизилась вязкость теста, его устойчивость и липкость. Добавление льняной муки в тесто увеличило твердость и жевательную способность хлеба при одновременном уменьшении когезионной способности и упругости [18].

Имеются данные, что льняная мука может придавать хлебу неприятный вкус [19, 20], который можно обозначить как характерный льняной [21].

Наличие в льняном семени значительного количества полиненасыщенных жирных кислот обуславливает сложность хранения как самих семян, так и продуктов их переработки.

Это натолкнуло селекционеров на создание сортов льна с измененным жирнокислотным составом жира в семенах, где снижено содержание омега-3 [22, 23]. Внесение льняных семян с различным типом жирнокислотного состава в хлеб может по-разному оказывать влияние на показатели его качества и сенсорное восприятие.

Цель работы: изучение влияния льняной муки с различным типом жирно-кислотного состава на качество ржаного хлеба.

Объекты и методы

Объекты исследований: ржаное тесто и хлеб, выпеченный с добавлением льняной муки. В исследованиях льняную муку вносили в тесто взамен ржаной в количестве 10%. Для этого использовали обезжиренную льняную муку торговой марки «Компас здоровья», а также необезжиренную льняную муку, полученную из семян масличного льна сортов ВНИИМК 620 ФН и Ы 117, которые непосредственно перед внесением в тесто размалывали на лабораторной мельнице.

Технология приготовления ржаного хлеба – традиционная, на живой закваске, замес теста в течение 22 мин на медленной скорости, отдых теста 5–10 мин., деление теста на заготовки массой 350 г., расстойка при 38 °С и влажности воздуха 80%, выпечка при 190 °С.

Семена льна сорта ВНИИМК 620 ФН имеют традиционную коричневую окраску семян. Это сорт льна с типичным жирно-кислотным составом масла. У сорта Ы 117 семена отличаются не только желтой окраской, но и измененным жирно-кислотным составом. Льняная мука торговой марки «Компас здоровья» – это мука, полученная из масличного льна путем размола жмыха, оставшегося после отжима масла. Она имеет темно-коричневый цвет и отличается насыщенным льняным запахом и вкусом.

Схема вариантов: К – без добавления льняной муки; А1 – с льняной мукой из семян сорта ВНИИМК 620 ФН; А2 – с льняной мукой из семян сорта Ы 117; А3 – с льняной мукой «Компас здоровья».

Органолептические показатели качества хлеба определяли по методике балльной оценки, разработанной специально для хлеба с добавлением льняной муки [24]. Из физико-химических показателей качества определяли влажность по ГОСТ 21094–75, титруемую кислотность по ГОСТ 5670–96, пористость мякиша готовых изделий по ГОСТ 5669–96.

Для определения жирнокислотного состава образцы хлеба измельчали и проводили трехкратную экстракцию гексаном в соответствии с ГОСТ 31665–2012, а затем определяли состав жирных кислот с применением газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2».

Результаты и обсуждение

Внесение в тесто дополнительных ингредиентов, которые не предусмотрены технологической картой, зачастую влияет на изменение как технологических, так и органолептических свойств. Известно, что льняная мука в процессе

брожения теста более 30 мин. увеличивает кислотонакопление и ускоряет его созревание. По условию опыта брожение теста было незначительным по продолжительности (5–10 мин.). Кислотность теста не могла существенно увеличиться (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели качества ржаного теста

Table 1.

Rye dough quality indicator

Варианты Variants	Температура, °C Temperature, °C	Кислотность, град Acidity, degree	Влажность, % Humidity, %
K	27,5	9,0 ± 0,3	53,6 ± 0,2
A1	27,6	8,5 ± 0,2	53,4 ± 0,1
A2	27,5	8,6 ± 0,3	53,5 ± 0,2
A3	27,4	9,0 ± 0,3	53,9 ± 0,2

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что значительных отличий в показателях качества теста у изучаемых вариантов не обнаружено. Следует отметить, что кислотность теста со свежеразмолотыми семенами на 0,4–0,5 град ниже по сравнению с контролем и мукой из льняного жмыха.

Тесто с размолотыми семенами льна сорта ВНИИМК 620 ФН содержит темные вкрапления молотых семян, а в тесте с размолотыми семенами сорта Б117 отмечены светлые вкрапления. В контрольном тесте и у варианта с мукой торговой марки «Компас здоровья» вкраплений не обнаружено. Тесто варианта с обезжиренной льняной мукой самое темное среди изучаемых вариантов.

Органолептические показатели качества хлеба отражены в профилограмме (рисунок 1). Профиль варианта А1 самый развитый среди изучаемых вариантов и максимально приближен к контролю. Запах и цвет мякиша этого варианта соответствует контролю. Во вкусе хлеба всех изучаемых вариантов присутствуют льняные оттенки разной степени выраженности.

Наибольшие провалы в органолептических показателях качества отмечаются в пористости и виде хлеба в изломе. Добавление льняной муки в количестве 10% снижает степень разрыхленности мякиша изделия, ухудшает визуальное восприятие степени привлекательности мякиша.

Во время дегустации эксперты отметили, что цвет мякиша хлеба варианта А2 характеризуется как неоднородный ввиду наличия вкраплений желтого цвета. Мякиш хлеба варианта А3 имел наиболее темную окраску среди изучаемых вариантов.

Хлеба варианта А1 был лучшим по общему впечатлению, которое характеризовалось как гармоничное, приятное с сочной влажной текстурой. Изделиям с мукой из семян льна сорта Б117 не хватило сочности в текстуре. Мякиш хлеба этого варианта был суховат, на губах оставался жировой налет. Хлеб варианта А3 характеризовался насыщенным льняным вкусом и запахом, имел суховатый и непривлекательный мякиш.

Физико-химические показатели качества хлеба представлены в таблице 2. Кислотность хлеба, полученного в ходе проведения эксперимента, была на треть ниже, чем значения, допускаемые ГОСТом. У контроля кислотность мякиша хлеба отмечена на уровне 8,5 град. Достоверного отклонения от этого уровня не отмечено ни в одном из вариантов.

Кислотность хлеба с добавлением льняной муки находится на уровне или ниже, чем у контроля. Вариант А2 имеет наименее выраженную кислотность. Она составляет 7,9 град. Наиболее кислым мякишем среди изучаемых вариантов был вариант с добавлением муки «Компас здоровья». Кислотность его мякиша была на уровне контроля и составила 8,5 град. Показатель пористости в пределах, допускаемых стандартом значений отмечен у контрольного варианта и А1.

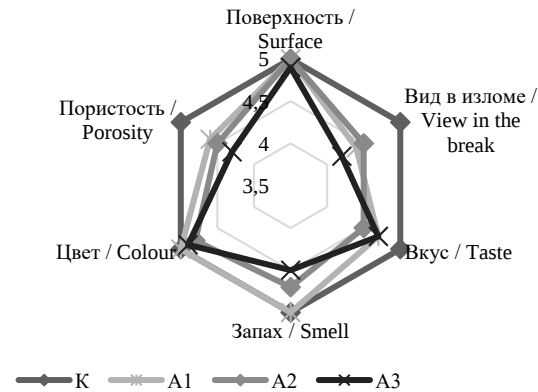


Рисунок 1. Профилограмма органолептической оценки качества хлеба с добавлением льняной муки
Figure 1. A profilogram of the organoleptic evaluation of the quality of bread with the addition of flaxseed flour

Таблица 2.

Физико-химические показатели качества хлеба

Table 2.

Physico-chemical indicators of bread quality

Варианты Variants	Кислотность, град Acidity, degree	Влажность, % Humidity, %	Пористость, % Porosity, %
Требования ГОСТ 2077-84	≤12,0	≤51,0	≤48
К	8,5 ± 0,3	48,7 ± 0,1	50 ± 0,5
A1	8 ± 0,2	48,4 ± 0,2	51 ± 0,3
A2	7,9 ± 0,3	48,1 ± 0,1	47 ± 0,5
A3	8,5 ± 0,2	49,0 ± 0,1	45 ± 0,4

Изменения физико-химических и органолептических показателей среди вариантов связаны с добавлением льняной муки. Определенное влияние оказывает качественный и количественный её состав, а именно, количество жира и соотношение его жирных кислот.

В ходе исследования было установлено, что содержание жира в муке «Компас здоровья» составило 9,5%, а у муки из семян сортов ВНИИМК 620 ФН и Ы 117–48,2% и 40,8% соответственно (таблица 3). Ржаная мука содержала 1,1% жира.

Таблица 3.

Содержание жира и ненасыщенных жирных кислот в муке и хлебе, %

Table 3.

The content of fat and unsaturated fatty acids in flour and bread, bread without

Содержание Content	Мука Flour				Хлеб Bread			
	К	A1	A2	A3	К	A1	A2	A3
Жир Fat	1,1	48,2	40,8	9,5	0,8	8,1	6,5	2,3
± к контролю to control		47,4	40	8,7		7,0	5,4	1,2
Омега-3 Omega-3	7,6	51,9	28,6	53,8	8,4	44,5	25,2	26,3
Омега-6 Omega-6	53,4	15,3	38,8	14,2	42,6	20,2	40,6	30,6
Омега-9 Omega-9	21,1	21,8	21,3	21,5	33,6	22,8	22,1	29,5

Общее содержание жира ржаного хлеба составило 0,8%, а наибольшее количество жирных кислот представлено группой омега-6. При этом кислоты группы омега-3 присутствуют в минимальном количестве (8,4%).

Добавление муки из семян льна сорта ВНИИМК 620 ФН в ржаной хлеб привело к увеличению количества жира в 9 раз. На долю омега-3 жирных кислот приходилось 44,5%. Увеличение содержания омега-3 в A1 составило более чем в 5 раз.

Содержание жира у хлеба вариантов A2 и A3 составила 6,5 и 2,3%. У обоих вариантов преобладали жирные кислоты группы омега-6 в количестве 40,6 и 30,6% соответственно. Соотношение жирных кислот в льняной муке из сортов ВНИИМК 620 ФН и Ы 117 сохраняется и в хлебе. Следовательно, для увеличения содержания в хлебе омега-3 жирных кислот следует вносить в тесто не просто льняную муку, а муку сортов с традиционным жирно-кислотным профилем.

Заключение

Тесто с добавлением льняной муки из размолотых семян льна сортов ВНИИМК 620 ФН и Ы 117 имеет более низкую кислотность по сравнению с контролем и обезжиренной льняной мукой торговой марки «Компас здоровья». Тесто с добавлением льняной муки Ы 117 отличается светлыми вкраплениями в виде частиц семян, а вариант с мукой «Компас здоровья» отличался

самым темным мякишем среди изучаемых вариантов. Цвет мякиша хлеба с добавлением льняной муки из семян Ы 117 был светлее контроля и содержал светлые вкрапления. Хлеб варианта A3 был самым темным. Дегустационная оценка показала, что наилучшими вкусовыми свойствами обладал вариант хлеба с добавлением льняной муки сорта ВНИИМК 620 ФН. Мякиш этого сорта отмечен дегустаторами как более гармоничный, приятный с сочной влажной текстурой. Он не был чрезмерно липким. Несмотря на высокое содержание жира этот хлеб не оставлял сального ощущения на губах при дегустации. Физико-химические показатели качества хлеба с добавлением льняной муки были в пределах требований ГОСТ, предъявляемым к ржаному формовому хлебу.

Наибольшее количество жира зафиксировано у льняной муки из семян сорта льна ВНИИМК 620 ФН (48,2%), при этом доля омега-3 жирных кислот составила 51,9%. Хлеб A1 содержал 8,1% жира и максимальное количество омега-3 жирных кислот среди вариантов. Превышение контроля по содержанию омега-3 жирных кислот у A1 было более чем в 5 раз.

Ржаной хлеб с добавлением льняной муки из семян сорта льна ВНИИМК 620 ФН отличается более гармоничным вкусом, имеет сочный мякиш, и по совокупности показателей является лучшим среди изучаемых вариантов.

Литература

- 1 Eyres L., Eyres M. Flaxseed (Linseed) fibre-nutritional and culinary uses-a review // *Food New Zealand*. 2014. V. 14. №. 2. P. 26-28. doi: 10.3316/informit.370172423621267
- 2 Pramanik J., Kumar A., Prajapati B. A review on flaxseeds: Nutritional profile, health benefits, value added products, and toxicity // *eFood*. 2023. V. 4. №. 5. P. e114. doi: 10.1002/efd2.114
- 3 Matveeva T., Papchenko V., Petik P., Khareba V. et al. Development of flour combined systems with improved amino acid composition // *Food Science & Technology* (2073-8684). 2023. V. 17. №. 3. doi: 10.15673/fst.v17i3.2652
- 4 Nidhi K., Sunita M. Texture analysis on normal brown bread to functional brown bread incorporated barley and flaxseed for aged person // *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2017. V. 2. №. 16. P. 217-219.
- 5 Zhang M., Chen Y., Deng Q. Fatty Acid Release and Gastrointestinal Oxidation Status: Different Methods of Processing Flaxseed // *Foods*. 2024. V. 13. №. 5. P. 784. doi: 10.3390/foods13050784
- 6 Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., Kačániová M. The effect of the addition of hemp seeds, Amaranth, and Golden flaxseed on the nutritional value, physical, sensory characteristics, and safety of poultry Pâté // *Applied Sciences*. 2022. V. 12. №. 10. P. 5289. doi: 10.3390/app12105289
- 7 Zhang S., Chen Y., Mc Clements D. Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. V. 22. №. 1. P. 587-614. doi: 10.1111/1541-4337.13086
- 8 Лыбенко Е.С., Хлопов А.А., Сергачева Е.С. Льняная мука—пищевой ингредиент функциональной направленности // *Экономическая безопасность агропромышленного комплекса: проблемы и направления обеспечения*. 2021. С. 201-204.
- 9 Jiang X., Wang X., Zhou S. Effect of flaxseed marc flour on high-yield wheat bread production: Comparison in baking, staling, antioxidant and digestion properties // *Food Science and Technology*. 2022. V. 169. P. 113979. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113979
- 10 Shim Y.Y., Olivia C.M., Zou X.G., Kim Y.J. et al. Stability of novel peptides (linusorbs) in flaxseed meal fortified gluten-free bread // *Journal of the American Oil Chemists Society*. 2022. V. 99. P. 124-124. doi: 10.21748/MFMF5716
- 11 Bernardes E.N., Flôres S.H., Thys R.C.S. Are Psyllium Fiber and Flaxseed Flour An Exciting Combination of Ingredients in the Development of Gluten-free Vegan Bread? // *Journal of Culinary Science & Technology*. 2024. V. 22. №. 3. P. 480-495. doi: 10.1080/15428052.2022.2060160
- 12 Типсина Н.Н., Матюшев В.В., Бочарова Л.В. Использование льняной муки в производстве пшенично-ржаных сортов хлеба // *Вестник КрасГАУ*. 2018. №. 4 (139). С. 169-174.
- 13 Чернышова В.А., Лябутина Н.В., Белявская И.Г., Богатырева Т.Г. и др. Влияние льняной муки на качество хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки // *Пищевая промышленность*. 2016. №. 5. С. 66-69.
- 14 Конева С.И., Волохова А.Н. Перспективная рецептура хлеба из смеси ржаной, пшеничной и льняной муки // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: мат. IX Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием*. Барнаул: Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова, 2016. С. 558-560.
- 15 Al-Hassawi F., Al-Ghanim J., Al-Foudari M., Al-Othman A. et al. Effects of flaxseed on the nutritional and sensory qualities of pan and Arabic flat breads // *Foods and Raw Materials*. 2023. V. 11. №. 2. P. 272-281. doi: 10.21603/2308-4057-2023-2-571
- 16 Lakiza O., Rudnieva L., Vinogradova V. Optimization of the composition and properties of bakery products // *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2020. V. 20. №. 3. P. 28-33. doi: 10.15673/gpmf.v20i3.1847
- 17 Codina G., Mironeasa S., Sanduleac E. Studies regarding the influence of brown flaxseed flour addition in wheat flour of a very good quality for bread making on bread quality // *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Food Science and Technology*. 2016. V. 73. №. 2. P. 70. doi: 10.15835/buasvmcn-fst:12148
- 18 Liu T., Duan H., Mao X., Yu X. Influence of flaxseed flour as a partial replacement for wheat flour on the characteristics of Chinese steamed bread // *Royal Society of Chemistry*. 2020. V. 10. №. 47. P. 28114-28120. doi: 10.1039/D0RA05742H
- 19 Xu Y.Y., Hall C.A.I.I.I., Manthey F.A. Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics. 2014.
- 20 Walgiyanti I., Mahardika A., Murti P.D.B. et al. The Substitution of Different Concentration of Okara Flour in Brownies Formulation Added of Flaxseed (*Linum usitatissimum*) as Low-Gluten Healthy Food // *Journal of Functional Food and Nutraceutical*. 2024. P. 79-86. doi: 10.33555/jffn.v5i2.127
- 21 Федоров А.В., Лыбенко Е.С., Хлопов А.А. Изучение влияния льняной необезжиренной муки из семян льна масличного на качество ржаного хлеба // *Индустрия питания / Food Industry*. 2023. №. 3. С. 27-34.
- 22 Богачев А.А., Гаврилова Н.А., Курдюков Е.Е. Сравнительное изучение компонентного и жирно-кислотного состава семян льна посевного // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. 2020. №. 1(29). С. 12-22. doi: 10.21685/2307-9150-2020-1-2
- 23 Зубцов В.А., Миневич И.Э., Осипова Л.Л. Современные технологии переработки семян льна для создания продуктов питания массового потребления // *Глобализация и эколого-экономическое развитие регионов*. 2015. С. 194-200.
- 24 Султаева Н.Л., Перминова В.С. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий // *Интернет-журнал Науковедение*. 2015. Т. 7. №. 1(26). С. 109.

References

- 1 Eyres L., Eyres M. Flaxseed (Linseed) fibre-nutritional and culinary uses-a review. *Food New Zealand*. 2014. vol. 14. no. 2. pp. 26-28. doi: 10.3316/informit.370172423621267
- 2 Pramanik J., Kumar A., Prajapati B. A review on flaxseeds: Nutritional profile, health benefits, value added products, and toxicity. *eFood*. 2023. vol. 4. no. 5. pp. e114. doi: 10.1002/efd2.114
- 3 Matveeva T., Papchenko V., Petik P., Khareba V. et al. Development of flour combined systems with improved amino acid composition. *Food Science & Technology* (2073-8684). 2023. vol. 17. no. 3. doi: 10.15673/fst.v17i3.2652

- 4 Nidhi K., Sunita M. Texture analysis on normal brown bread to functional brown bread incorporated barley and flaxseed for aged person. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2017. vol. 2. no. 16. pp. 217–219.
- 5 Zhang M., Chen Y., Deng Q. Fatty Acid Release and Gastrointestinal Oxidation Status: Different Methods of Processing Flaxseed. *Foods*. 2024. vol. 13. no. 5. pp. 784. doi: 10.3390/foods13050784
- 6 Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., Kačániová M. The effect of the addition of hemp seeds, Amaranth, and Golden flaxseed on the nutritional value, physical, sensory characteristics, and safety of poultry Pâté. *Applied Sciences*. 2022. vol. 12. no. 10. pp. 5289. doi: 10.3390/app12105289
- 7 Zhang S., Chen Y., Mc Clements D. Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. vol. 22. no. 1. pp. 587-614. doi: 10.1111/1541-4337.13086
- 8 Lybenko E.S., Khlopov A.A., Sergacheva E.S. Flaxseed flour is a functional food ingredient. Economic security of the agro-industrial complex: problems and directions of provision. 2021. pp. 201-204. (in Russian).
- 9 Jiang X., Wang X., Zhou S. Effect of flaxseed marc flour on high-yield wheat bread production: Comparison in baking, staling, antioxidant and digestion properties. *Food Science and Technology*. 2022. vol. 169. pp. 113979. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113979
- 10 Shim Y.Y., Olivia C.M., Zou X.G., Kim Y.J. et al. Stability of novel peptides (linusorbs) in flaxseed meal fortified gluten-free bread. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 2022. vol. 99. pp. 124-124. doi: 10.21748/MFMF5716
- 11 Bernardes E.N., Flôres S.H., Thys R.C.S. Are Psyllium Fiber and Flaxseed Flour An Exciting Combination of Ingredients in the Development of Gluten-free Vegan Bread? *Journal of Culinary Science & Technology*. 2024. vol. 22. no. 3. pp. 480-495. doi: 10.1080/15428052.2022.2060160
- 12 Tipsina N.N., Matyushev V.V., Bocharova L.V. The use of flax flour in the production of wheat-rye bread varieties. *Bulletin of KrasGAU*. 2018. no. 4 (139). pp. 169–174. (in Russian).
- 13 Chernyshova V.A., Labutina N.V., Belyavskaya I.G., Bogatyreva T.G. and others. The influence of flax flour on the quality of bakery products from a mixture of rye and wheat flour. *Food industry*. 2016. no. 5. pp. 66–69. (in Russian).
- 14 Koneva S.I., Volokhova A.N. Promising recipe for bread from a mixture of rye, wheat and flax flour. Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industry: mat. IX All-Russian Scientific and Practical. conf. students, graduate students and young scientists with international participation. Barnaul, Altai State Technical University named after. I.I. Polzunova, 2016. pp. 558–560. (in Russian).
- 15 Al-Hassawi F., Al-Ghanim J., Al-Foudari M., Al-Othman A. et al. Effects of flaxseed on the nutritional and sensory qualities of pan and Arabic flat breads. *Foods and Raw Materials*. 2023. vol. 11. no. 2. pp. 272–281. doi: 10.21603/2308-4057-2023-2-571
- 16 Lakiza O., Rudnieva L., Vinogradova V. Optimization of the composition and properties of bakery products. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2020. vol. 20. no. 3. pp. 28–33. doi: 10.15673/gpmf.v20i3.1847
- 17 Codina G., Mironeasa S., Sanduleac E. Studies regarding the influence of brown flaxseed flour addition in wheat flour of a very good quality for bread making on bread quality. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Food Science and Technology*. 2016. vol. 73. no. 2. pp. 70. doi: 10.15835/buasvmcn-fst:12148
- 18 Liu T., Duan H., Mao X., Yu X. Influence of flaxseed flour as a partial replacement for wheat flour on the characteristics of Chinese steamed bread. *Royal Society of Chemistry*. 2020. vol. 10. no. 47. pp. 28114–28120. doi: 10.1039/D0RA05742H
- 19 Xu Y.Y., Hall C.A.I.I.I., Manthey F.A. Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics. 2014.
- 20 Walgiyanti I., Mahardika A., Murti P.D.B. et al. The Substitution of Different Concentration of Okara Flour in Brownies Formulation Added of Flaxseed (Linum usitatissimum) as Low-Gluten Healthy Food. *Journal of Functional Food and Nutraceutical*. 2024. pp. 79-86. doi: 10.33555/jffn.v5i2.127
- 21 Fedorov A.V., Lybenko E.S., Khlopov A.A. Study of the influence of full-fat flaxseed flour from oilseed flax seeds on the quality of rye bread. *Food Industry / Food Industry*. 2023. no. 3. pp. 27–34. (in Russian).
- 22 Bogachev A.A., Gavrilova N.A., Kurdyukov E.E. Comparative study of the component and fatty acid composition of flax seeds. *News of higher educational institutions. Volga region. Natural Sciences*. 2020. no. 1(29). pp. 12–22. doi: 10.21685/2307-9150-2020-1-2 (in Russian).
- 23 Zubtsov V.A., Minevich I.E., Osipova L.L. Modern technologies for processing flax seeds to create food products for mass consumption. *Globalization and environmental and economic development of regions*. 2015. pp. 194-200. (in Russian).
- 24 Sultaeva N.L., Perminova V.S. Study of the properties of flax seeds and the development of bakery technology based on them. *Internet Journal of Science*. 2015. vol. 7. no. 1(26). pp. 109. (in Russian).

Сведения об авторах

Андрей А. Хлопов к.с.-х.н., кафедра общего земледелия и растениеводства, Вятский государственный агротехнологический университет, пр-т Октябрьский, 133, г. Киров, 610017, Россия, akhlopov@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0003-3774-4329>

Сергей Г. Ефименко к.б.н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией биохимии, Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, ул. Филатова, 17, Краснодар, 350038, Россия, biohim@vniimk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8068-6668>

Information about authors

Andrey A. Khlopov Cand. Sci. (Agric.), general agriculture and crop production department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vyatka State Agrotechnological University”, Oktyabrsky Ave., 133, Kirov, 610017, Russia, akhlopov@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0003-3774-4329>

Sergey G. Efimenko Cand. Sci. (Bio.), leading researcher, head of the laboratory of biochemistry, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center "All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoi", 17 Filatov str., Krasnodar Krai, 350038, Russia, biohim@vniimk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8068-6668>

Елена С. Лыбенко к.с.-х.н., кафедра общего земледелия и растениеводства, Вятский государственный агротехнологический университет, пр-т Октябрьский, 133, г. Киров, 610017, Россия, elenalybenko@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8853-1903>

Elena S. Lybenko Cand. Sci. (Agric.), general agriculture and crop production department, Vyatka State Agrotechnological University, Oktyabrsky Ave., 133, Kirov, 610017, Russia, elenalybenko@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8853-1903>

Вклад авторов

Андрей А. Хлопов проведение пробных лабораторных выпечек, изучение качества полученных образцов хлеба, обеспечение ресурсами, подготовка начального варианта текста
Сергей Г. Ефименко проведение исследований по определению жирнокислотного состава хлеба, перевод элементов статьи на английский язык
Елена С. Лыбенко написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Andrey A. Khlopov conducting trial laboratory baking, studying the quality of the obtained bread samples, providing resources, preparing the initial version of the text
Sergey G. Efimenko conducting research to determine the fatty acid composition of bread, translating the elements of the article into English
Elena S. Lybenko wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 18/04/2024	После редакции 07/05/2024	Принята в печать 24/05/2024
Received 18/04/2024	Accepted in revised 07/05/2024	Accepted 24/05/2024