

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА НА ЗАКВАСКЕ

Д.Е. Колпакова, аспирант
А.А. Степанова, аспирант
И.И. Плешивцев, аспирант
С.Л. Лузянин, доктор биологических наук
Л.К. Асякина, доктор технических наук, доцент
Кемеровский государственный университет
E-mail: kolpakova1205@mail.ru

Ключевые слова: овсяная мука, льняная мука, жирные кислоты, жиры, нетрадиционное сырье, функциональные продукты, альтернатива пшеничной муке.

Реферат. Пшеничная мука является основным ингредиентом в хлебопечении, однако содержит в себе небольшое количество жиров и жирных кислот. Поэтому целесообразно вводить в рецептуру нетрадиционные виды сырья, богатые жирными кислотами. К такому сырью относятся различные нетрадиционные виды муки, такие как овсяная и льняная. Содержание жира в них в 2–3 раза больше, чем в пшеничной муке. Они обладают широким жирнокислотным профилем. В льняной муке обнаружено 15 жирных кислот, среди которых преобладают: 8-октадеценовая, 11,14-октадекадиеновая, 9,12,15-октадекатриеновая и гексадекановая (пальмитиновая). В овсяной муке 8 жирных кислот, при этом 17-октадеценовая и 9-октадеценовая (олеиновая) представлены в наибольшем количестве. Хлеб на закваске с добавлением овсяной или льняной муки демонстрирует приятные органолептические характеристики, такие как аромат, вкус, текстура и внешний вид. Данные виды хлеба соответствуют требованиям качества и безопасности, установленным ГОСТом, что подтверждается результатами проведенных соответствующих лабораторных анализов. Так, показатель кислотности находится в пределах от 9,26 до 10,19 град., что не превышает норму, равную 12 град. Некоторые значения показателя влажности превышают допустимое значение (51 %), однако превышение является незначительным и не оказывает негативного влияния на органолептические показатели и структуру конечного продукта. Значения пористости соответствуют требованиям нормативной документации и находятся в пределах от 45 до 60 %.

PROSPECTS FOR USING NON-TRADITIONAL TYPES OF FLOUR TO INCREASE THE BIOLOGICAL VALUE OF SOURDOUGH BREAD

D.E. Kolpakova, PhD student
A.A. Stepanova, PhD student
I.I. Pleshivtsev, PhD student
S.L. Luzyanin, Doctor of Biological Sciences
L.K. Asyakina, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Kemerovo State University

Keywords: oat flour, flaxseed flour, fatty acids, fats, non-traditional raw materials, functional products, alternative to wheat flour.

Abstract. Wheat flour is the main ingredient in baking, but it contains a small amount of fats and fatty acids. Therefore, it is advisable to introduce non-traditional raw materials rich in fatty acids into the recipe. Such raw materials include various non-traditional types of flour, such as oat flour and flax flour. Their fat content is 2–3 times higher than in wheat flour. They have a wide fatty acid profile. There are 15 fatty acids in flaxseed meal, among which 8-octadecenoic, 11,14-octadecadienoic, 9,12,15-octadecatrienoic and hexadecanoic (palmitic) are predominant. There are 8 fatty acids in oatmeal, with 17-octadecenoic and 9-octadecenoic (oleic) fatty acids being represented in the greatest amount. Bread on sourdough with the addition of oat flour or flax

flour shows pleasant organoleptic characteristics such as aroma, flavor, texture and appearance. These types of bread meet the quality and safety requirements established by GOST, which is confirmed by the results of relevant laboratory analyses. Thus, the acidity index is within the range from 9.26 to 10.19 degrees, which does not exceed the norm of 12 degrees. Some values of moisture exceed the permissible value (51%), but the excess is insignificant and does not have a negative impact on the organoleptic characteristics and structure of the final product. Porosity values correspond to the requirements of the normative documentation and are within the range from 45 to 60 %.

Овес представляет собой ценный источник пищевых волокон и питательных веществ, что делает его перспективным в использовании для расширения ассортимента продуктов, направленных на улучшение здоровья. Высокое содержание жиров в овсе, преимущественно представленное ненасыщенными жирными кислотами (около 80 % от общего количества), обуславливает его значительную пищевую ценность [1].

Жирные кислоты, помимо энергетической функции, играют важную роль в регуляции различных физиологических процессов, способствуют укреплению здоровья и снижению массы тела. Особый интерес представляет значительное содержание мононенасыщенных жирных кислот в овсе, которые, как было доказано, обладают антигипертензивными и гиполипидемическими свойствами [2].

Основными компонентами жировой фракции овса являются олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты, вместе с тем линоленовая и стеариновая кислоты присутствуют в незначительных количествах [3].

Таким образом, овес представляет собой уникальный продукт, обладающий множеством полезных свойств, что делает его важным элементом в рационе современного человека [3].

Льняные семена, являющиеся ценным источником питательных веществ, богаты жирами, белками, углеводами, минералами, витаминами, пищевыми волокнами, а также биологически активными соединениями, такими как омега-3 жирные кислоты, каротиноиды, полифенолы и лигнаны [4].

Особое значение имеет содержание незаменимых жирных кислот, которые организм не синтезирует самостоятельно и вынужден получать из внешних источников [5].

Функциональные соединения, содержащиеся в льняных семенах, в частности жирные кислоты, демонстрируют широкий спектр биологической активности, обладающей потенциалом для профилактики различных заболеваний. Исследования указывают на их способность снижать риск развития онкологических заболеваний, диабета, сердечно-сосудистых патологий, артрита, остеопороза, а также других хронических заболеваний, таких как язвенная болезнь, системная красная волчанка, нарушения пищевого поведения и др [6].

Таким образом, льняные семена являются ценным компонентом рациона, способствующим укреплению здоровья и профилактике различных заболеваний [7].

Пшеничная мука, представляя собой основную составляющую хлебопечения, отличается низким содержанием жиров и жирных кислот, преобладают в ее составе белки и углеводы. При этом именно жиры и жирные кислоты, особенно ненасыщенные, жизненно необходимы для организма, обеспечивая его энергией и структурными элементами. Дефицит этих элементов в пшеничной муке снижает ее пищевую ценность, поэтому актуально вводить в рецептуру нетрадиционные виды муки, содержащие большее количество жиров и жирных кислот [8].

Целью работы является оценка перспектив использования нетрадиционных видов муки, богатых жирными кислотами, в рецептуре хлебобулочных изделий, исследование показателей качества и безопасности готовых изделий.

Объектами исследования являлись льняная и овсяная мука, приобретенные в розничной торговой сети, хлеб на закваске с добавлением овсяной и льняной муки, пшеничный дрожжевой хлеб, изготовленный традиционным способом.

Исследование массовой доли жира проводили по методике Н.Л. Востриковой и др. [9]. Состав жирных кислот определяли по методике Sidrah и др. [10].

За основу изготовления хлеба на закваске с добавлением нетрадиционного вида сырья взята рецептура, представленная в работе Н.Н. Корнышовой [11].

Органолептические показатели готового изделия определяли в соответствии с ГОСТ 5667-2022 «Изделия хлебобулочные. Правила приёмки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий» [12].

Оценка физико-химических показателей хлеба на закваске проводилась согласно ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости», ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», ГОСТ 21094-75 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности» [13–15].

В рецептуре хлеба пшеничная мука является основным ингредиентом. Однако недостаточное содержание жиров и жирных кислот в пшеничной муке снижает ее пищевую ценность. Поэтому перспективно вводить в рецептуру муку, обладающую широким жирнокислотным составом. На рисунке 1 представлены результаты исследования содержания жира в нетрадиционных видах сырья относительно пшеничной муки со стандартной погрешностью.

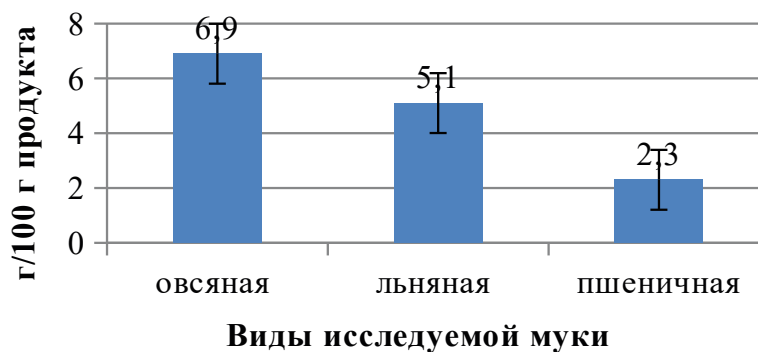


Рис. 1. Результаты содержания жира в различных видах муки

Fig. 1. Results of fat content in different types of flour

Согласно результатам, представленным на рисунке 1, сделали вывод, что содержание жира в овсяной муке в 3 раза выше, чем в пшеничной, в льняной – более чем в 2 раза. Результаты анализа подчеркивают значительное преимущество овсяной и льняной муки в содержании жира по сравнению с пшеничной. Это открывает широкие возможности для включения их в рацион, особенно для тех, кто стремится к здоровому образу жизни. На рисунке 2 и в таблице 1 представлены показатели жирных кислот, содержащихся в льняной муке. Жирнокислотный состав льняной муки исследовали методом газовой хроматографии, что позволило определить процентную долю каждой из кислот в образце.

В результате анализа жирнокислотного состава льняной муки было выявлено 15 жирных кислот, среди которых преобладают 8-октадеценовая, 11,14-октадекадиеновая, 9,12,15-октадекатриеновая и гексадекановая (пальмитиновая) кислоты. Жирные кислоты в основном являются незаменимыми карбоновыми одноосновными кислотами. Преимущества таких кислот в том, что они являются компонентами большинства биологических мембран, проявляют высокую антиоксидантную активность, замедляют развитие атеросклероза, а также участвуют в обмене веществ.

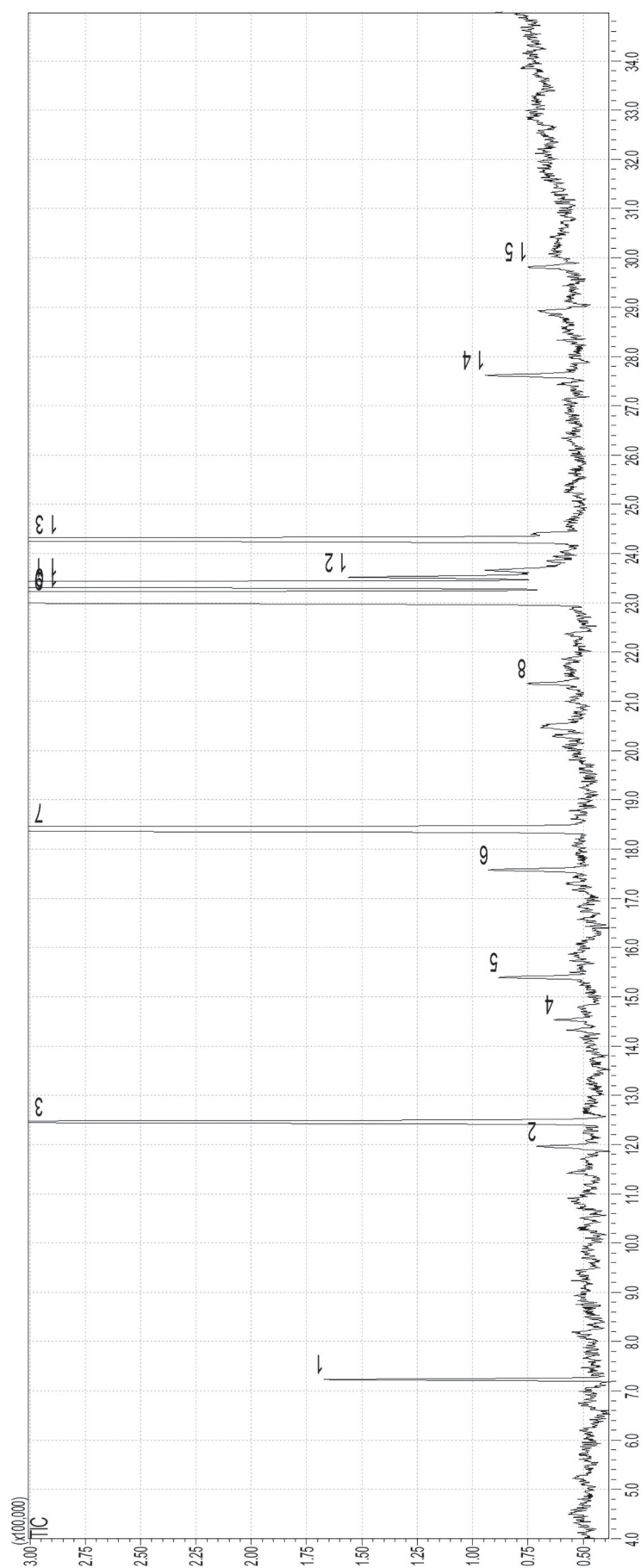


Рис. 2. Хроматограмма жирных кислот льняной муки

Fig. 2. Chromatogram of fatty acids of flaxseed flour

Таблица 1

Жирнокислотный состав льняной муки
Fatty acid composition of flaxseed flour

№ пика	Время пика, мин	Площадь пика, %	Название
1	7,229	0,92	Додекановая (лауриновая) кислота
2	11,962	0,15	Метилмиристолеат
3	12,462	3,43	Тетрадекановая (миристиновая) кислота
4	14,536	0,08	Тридекановая кислота
5	15,391	0,36	Пентадекановая кислота
6	17,576	0,44	Метилэфир гексадецен-9-овой кислоты
7	18,425	15,33	Гексадекановая (пальмитиновая) кислота
8	21,363	0,15	Гептадекановая (маргариновая) кислота
9	23,130	24,38	11,14-октадекадиеновая кислота
10	23,199	20,08	9,12,15-октадекатриеновая кислота
11	23,406	25,96	8-октадеценовая кислота
12	23,517	1,02	9-октадеценовая кислота
13	24,289	6,97	Октадекановая (стеариновая) кислота
14	27,616	0,45	9-октадецен-12-иноат метил
15	29,816	0,28	Эйкозановая (арахиновая) кислота

На рисунке 3 и в таблице 2 представлены результаты исследования содержания жирных кислот в овсяной муке. Жирнокислотный состав овсяной муки исследовали методом газовой хроматографии, что позволило выявить процентную долю каждой из кислот в образце.

В овсяной муке было обнаружено 8 жирных кислот. Преобладающее количество отмечено для 17-октадеценовой и 9-октадеценовой (олеиновой) кислот.

Олеиновая кислота является ценным компонентом рациона, способствующим поддержанию сердечно-сосудистой системы, снижению риска развития хронических заболеваний, а также поддержанию общего состояния организма.

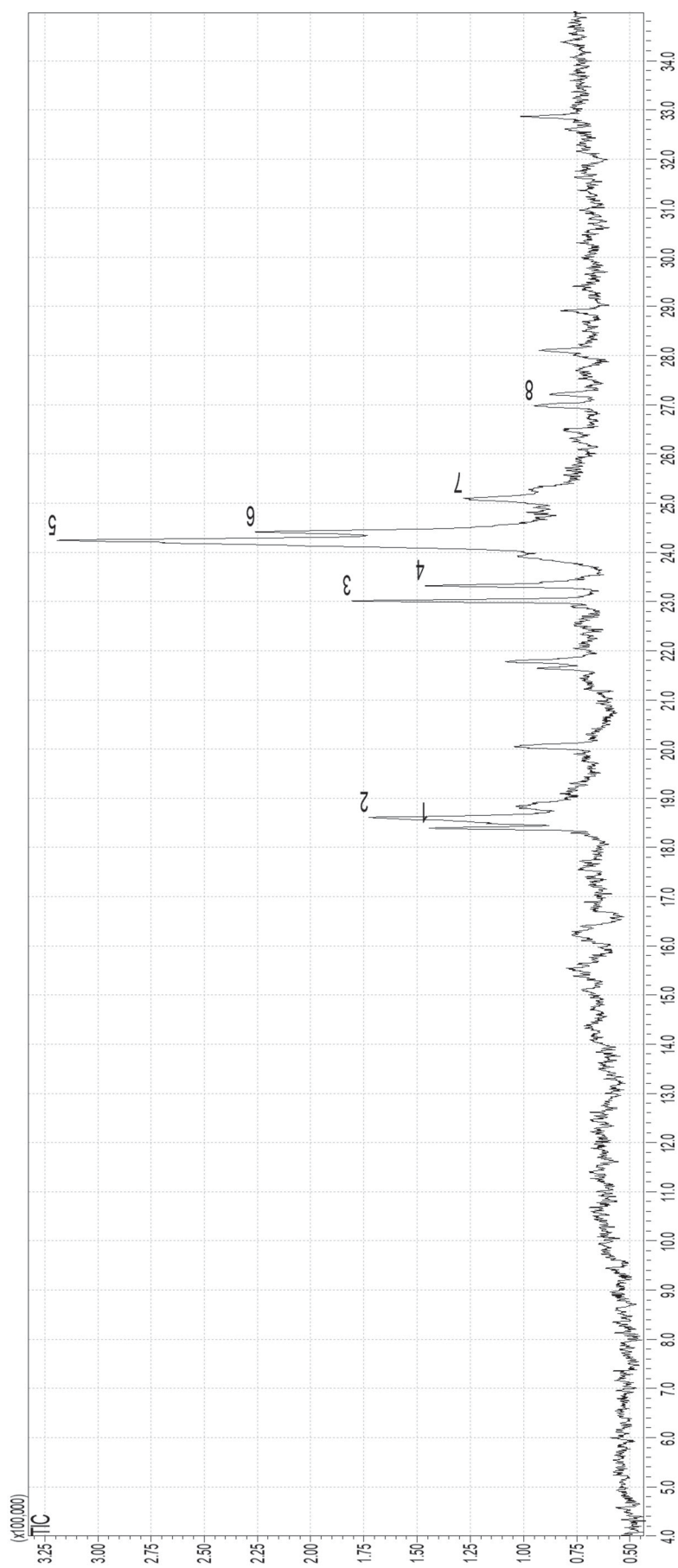


Рис. 3. Хроматограмма жирных кислот овсяной муки

Fig. 3. Chromatogram of fatty acids of oat flour

Таблица 2

Жирнокислотный состав овсяной муки
Fatty acid composition of oat flour

№ пика	Время пика, мин	Площадь пика, %	Название
1	18,391	6,74	Гексадекановая (пальмитиновая) кислота
2	18,610	15,49	Гексадекановая (пальмитиновая) кислота
3	23,011	10,34	8,11-октадекадиеновая кислота
4	23,320	7,50	8-октадеценовая кислота
5	24,245	31,47	17-октадеценовая кислота
6	24,414	22,34	9-октадеценовая (олеиновая) кислота
7	25,100	3,04	Гептадецен-8-карбоновая кислота
8	26,983	3,08	7,10-октадекадиеновая кислота

На рисунке 4 представлены результаты исследования содержания жиров в хлебе на закваске с добавлением нетрадиционных видов муки и в контрольном образце – пшеничном дрожжевом хлебе. Доля внесения нетрадиционной муки составляет 7 % от общей массы тестовой заготовки. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

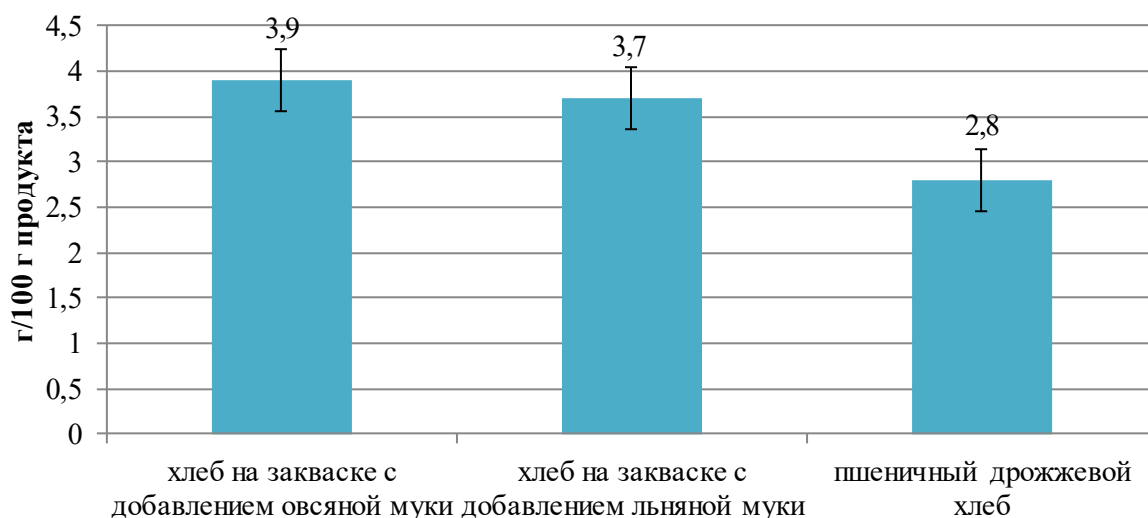


Рис. 4. Результаты исследования содержания жира в готовых изделиях

Fig. 4. Results of fat content in finished products

Согласно результатам, представленным на рисунке 4, сделали вывод о том, что количество жиров в хлебе на закваске с добавлением нетрадиционных видов сырья на 0,9–1,1 г/100 г больше, чем в пшеничном дрожжевом хлебе, изготовленном по традиционной технологии.

Далее оценили показатели безопасности и качества опытных образцов. В таблице 3 представлены результаты оценки органолептических показателей готовых изделий.

Таблица 3

Оценка органолептических показателей готовых изделий
Evaluation of organoleptic indicators of the finished product

Вид хлеба	Органолептические показатели			
	вкус	цвет	запах	консистенция
Хлеб на закваске с добавлением овсяной муки	Вкус ржаного хлеба, отсутствует привкус дрожжей	Коричневый	Приятный, насыщенный, мягкий, отсутствует запах дрожжей	Равномерная пористость, мякиш не мажется, корочка хрустящая, при нажатии восстанавливает форму очень быстро
Хлеб на закваске с добавлением льняной муки		Темно-коричневый		
Пшеничный дрожжевой хлеб	Вкус пшеничного хлеба, присутствует привкус дрожжей	Коричневый	Запах дрожжевого пшеничного хлеба	

Хлеб на закваске с добавлением нетрадиционных видов сырья обладает привлекательными органолептическими характеристиками. Это открывает новые горизонты для производства хлебобулочных изделий, позволяя удовлетворить запросы потребителей, стремящихся к здоровому питанию и разнообразию вкусов.

На рисунке 5 представлены результаты исследования кислотности опытных образцов. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

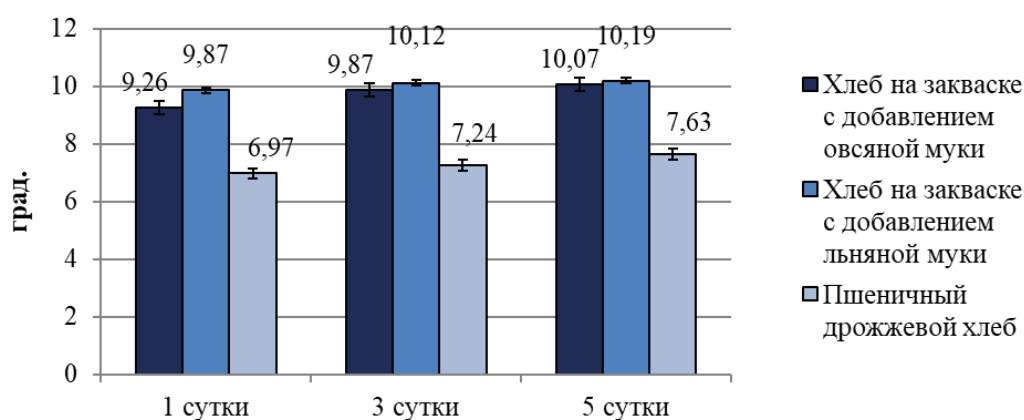


Рис. 5. Результаты исследования кислотности готовых изделий

Fig. 5. Results of the study of acidity of the finished product

На основании результатов, представленных на рисунке 5, сделали вывод, что хлеб на закваске с добавлением нетрадиционных видов сырья отвечает установленным стандартам качества (от 2,5 до 12,0 град.). Актуальные показатели кислотности находятся в пределах нормы, что подтверждает высокие вкусовые характеристики и безопасность продукта. Данный вид хлеба демонстрирует преимущества долгого процесса ферментации, благодаря чему достигается оптимальный уровень кислотности без негативного воздействия на текстуру.

На рисунке 6 представлены результаты исследования влажности опытных образцов. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

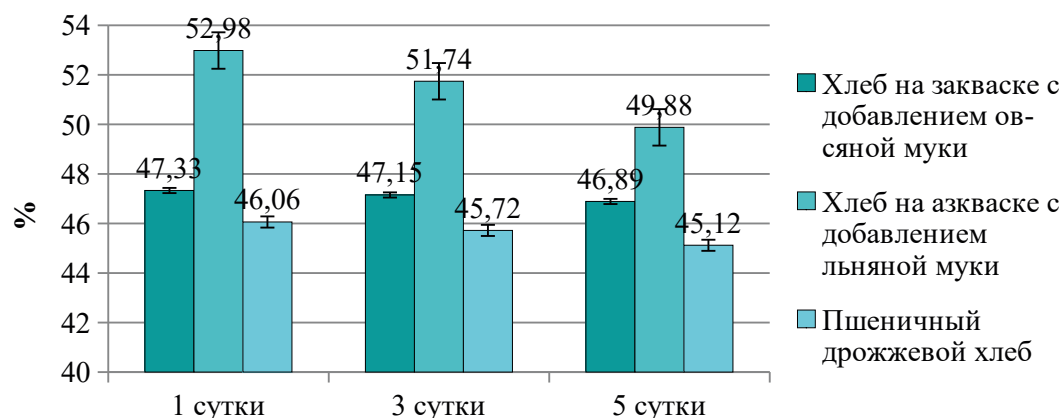


Рис. 6. Результаты исследования влажности готового продукта

Fig. 6. Results of the moisture content study of the finished product

Согласно результатам, представленным на рисунке 6, некоторые образцы имеют влажность, превышающую допустимую норму (51 %). Однако это не отражается негативным образом на качестве мякиша: хлеб сохраняет свою форму и не проявляет признаков липкости. Таким образом, влажность не является критическим фактором, негативно влияющим на потребительские характеристики.

На рисунке 7 представлены результаты исследования пористости опытных образцов. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

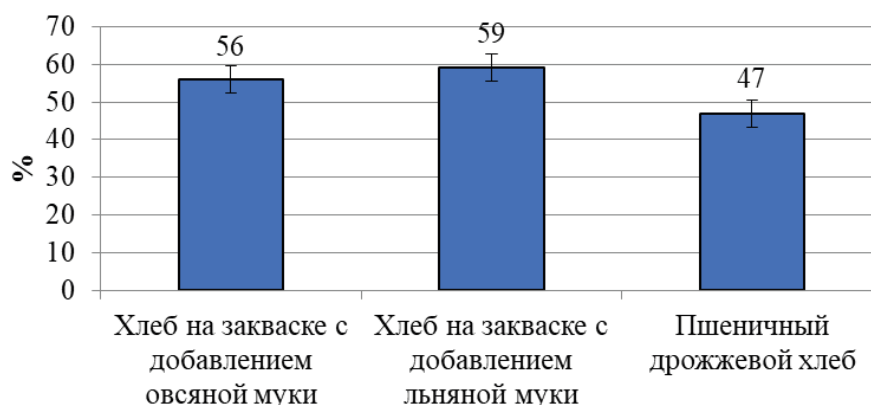


Рис. 7. Результаты исследования пористости готового продукта

Fig. 7. Results of the study of the porosity of the finished product

По результатам, представленным на рисунке 7, видно, что показатели пористости всех образцов также соответствуют нормативам ГОСТ (от 45 до 60 %). Все эти факторы в совокупности демонстрируют потенциал хлеба на закваске с нетрадиционными видами муки как здорового продукта с высокими питательными свойствами, способного удовлетворить вкусовые запросы потребителей.

Таким образом, в результате проведенного исследования были сделаны следующие заключения.

1. Овсяная и льняная мука, богатые жирами, представляют собой ценную альтернативу пшеничной муке. Введение их в рецептуру хлеба на закваске увеличивает содержание жиров, повышая пищевую ценность готового изделия, благодаря чему продукт соответствует современным диетическим рекомендациям.

2. Льняная мука, богатая незаменимыми жирными кислотами, благоприятно влияет на здоровье, защищая от атеросклероза и других метаболических заболеваний. Овсяная мука, бла-

годаря высокому содержанию олеиновой кислоты, укрепляет сердечно-сосудистую систему и снижает риск развития хронических заболеваний.

3. Хлеб на закваске с использованием овсяной и льняной муки отвечает стандартам качества, обладает привлекательными вкусовыми свойствами и способен стать конкурентоспособным на современном рынке хлебной продукции. Ферментация и сбалансированный уровень кислотности делают его более полезным, а качество мякиша остается высоким, несмотря на небольшое превышение уровня влажности.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Разработка биологически активных добавок, состоящих из метаболитов растительных объектов *in vitro*, для защиты населения от преждевременного старения» (проект FZSR-2024-0008).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Mustafa M.A., Abdel-Gawad, A.S., Nassar A.G.* Fatty acids, phenolic compounds of oat and influence of wheat biscuits substitution with red oat (*Avena byzantina*) flour on serum lipid profile in hypercholesterolemic male rats // *Nutrire.* – 2023. – Vol. 51. – P. 51.
2. *Perinatal* dietary polyunsaturated fatty acids in brain development, role in neurodevelopmental disorders / M. Martinat, M. Rossitto, M.D. Miceli [et al.] // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13 (4). – P. 1185.
3. *Assessing the oat oil attributes and partial substitution in cookies with special reference to fatty acid profile* / Sidrah, S. Ahmad, U.M. Khan [et al.] // *Journal of Food Measurement and Characterization.* – 2024. – Vol. 18. – P. 5710–5719.
4. *Nutritional composition, lipid profile and stability, antioxidant activities and sensory evaluation of pasta enriched by linseed flour and linseed oil* / Z. Amri, A.M. Bhourri, M. Dhibi [et al.] // *BMC Biotechnology.* – 2024. – Vol. 24. – P. 31.
5. *Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties* / M.A. Marand, S. Amjadi, M.A. Marand [et al.] // *Powder Technology.* – 2020. – Vol. 359. – P. 76–84.
6. *Prasad K.* Flaxseed and Its Components in Treatment of Hyperlipidemia and Cardiovascular Disease / K. Prasad, A.S. Khan, M. Shoker // *International Journal of angiology.* – 2020. – Vol. 29 (4). – P. 216–222.
7. *Ghoshal G., Singh S., Sharma R.* Utilization and characterization of flaxseed oil in ultrasonically emulsified mango beverage // *Journal of Food Science and Technology.* – 2022. – Vol. 59. – P. 3867–3880.
8. *Siddiqui S.A., Mahmud M.M.C., Abdi G.* New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges // *J. Food Biochem.* – 2022. – Vol. 46 (9). – e14185.
9. *Вострикова Н.Л., Кузнецова О.А., Куликовский А.В.* Методические аспекты извлечения липидов из биологических матриц // *Теория и практика переработки мяса.* – 2018. – № 2. – С. 4–21.
10. *Kamil K.M., Rohana A.J., Mohamed W., Ishak W.* Effect of incorporating dietary fiber sources in bakery products on glycemic index and starch digestibility response: a review // *Nutrire.* – 2023. – Vol. 48. – P. 36.
11. *Корнышова Н.Н., Корнышов А.В.* Дикie пекари. – М.: Комсомольская правда, 2020. – 158 с.
12. *ГОСТ 5669-96.* Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий: введ. 01 июля 2023 г. – М.: Изд-во стандартов, 2022. – 11 с.
13. *ГОСТ 5669-96.* Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости: введ. 31 июля 1997 г. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 2 с.
14. *ГОСТ 5670-96.* Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности: введ. 31 июля 1997 г. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 5 с.
15. *ГОСТ 21094-75.* Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности: введ. 30 июня 1976 г. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 3 с.

REFERENCES

1. Mustafa M.A., Abdel-Gawad, A.S., Nassar A.G., Fatty acids, phenolic compounds of oat and influence of wheat biscuits substitution with red oat (*Avena byzantina*) flour on serum lipid profile in hypercholesterolemic male rats, *Nutrire*, 2023, Vol. 51, P. 51.
2. Martinat M., Rossitto M., Miceli M.D. [et al.], Perinatal dietary polyunsaturated fatty acids in brain development, role in neurodevelopmental disorders, *Nutrients*, 2021, Vol. 13 (4), P. 1185.
3. Sidrah, Ahmad S., Khan U.M. [et al.], Assessing the oat oil attributes and partial substitution in cookies with special reference to fatty acid profile, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2024, Vol. 18, P. 5710–5719.
4. Amri Z., Bhourri A.M., Dhibi M. [et al.], Nutritional composition, lipid profile and stability, antioxidant activities and sensory evaluation of pasta enriched by linseed flour and linseed oil, *BMC Biotechnology*, 2024, Vol. 24, P. 31.
5. Marand M.A., Amjadi S., Marand M.A. [et al.], Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties, *Powder Technology*, 2020, Vol. 359, P. 76–84.
6. Prasad K., Khan A.S., Shoker M., Flaxseed and Its Components in Treatment of Hyperlipidemia and Cardiovascular Disease, *International Journal of angiology*, 2020, Vol. 29 (4), P. 216–222.
7. Ghoshal G., Singh S., Sharma R., Utilization and characterization of flaxseed oil in ultrasonically emulsified mango beverage, *Journal of Food Science and Technology*, 2022, Vol. 59, P. 3867–3880.
8. Siddiqui S.A., Mahmud M.M.C., Abdi G., New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges, *J. Food Biochem*, 2022, Vol. 46 (9), e14185.
9. Vostrikova N.L., Kuznecova O.A., Kulikovskij A.V., *Teoriya i praktika pererabotki myasa*, 2018, No. 2, pp. 4–21. (In Russ.)
10. Kamil K.M., Rohana A.J., Mohamed W., Ishak W., Effect of incorporating dietary fiber sources in bakery products on glycemic index and starch digestibility response: a review, *Nutrire*, 2023, Vol. 48, P. 36.
11. Kornysheva N.N., Kornyshev A.V. *Dikie pekari* (The wild bakers), Moscow: Komsomol'skaya pravda, 2020, 158 p.
12. GOST 5669-96. *Izdeliya xlebobulochny'e. Pravila priemki, metody` otbora obrazczov, metody` opredeleniya organolepticheskix pokazatelej i massy` izdelij* (Bakery products. Acceptance rules, methods of sampling, methods of determination of organoleptic indicators and weight of products), introduced on July 01, 2023, Moscow: Izd-vo standartov, 2022, 11 p.
13. GOST 5669-96. *Xlebobulochny'e izdeliya. Metod opredeleniya poristosti* (Bakery products. Method for determination of porosity), introduced on July 31, 1997, Moscow: Izd-vo standartov, 2006, 2 p.
14. GOST 5670-96. *Xlebobulochny'e izdeliya. Metody` opredeleniya kislotnosti* (Bakery products. Methods of determination of acidity), introduced on July 31, 1997, Moscow: Izd-vo standartov, 1997, 5 p.
15. GOST 21094-75. *Xleb i xlebobulochny'e izdeliya. Metod opredeleniya vlazhnosti* (Bread and bakery products. Method for determining moisture content), introduced on June 30, 1976, Moscow, Izd-vo standartov, 2006, 3 p.