

Научная статья

УДК 664.664.9

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-197-203

**Елена Александровна Вихрова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, пгт Усть-Кинельский, Кинель, Самарская область, Россия

<sup>1</sup> vixrova.lena@mail.ru

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Цель исследования – установить влияние льняной муки на качество хлеба из пшеничной муки. Объект исследования – льняная мука, полученная из сорта Кинельский 2020. В технологической лаборатории Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова были проведены исследования и пробная выпечка. Для анализа использовали муку первого сорта мягкой озимой пшеницы сорта Поволжской 86 и льняную необезжиренную муку, полученную из сорта Кинельский 2020 урожая 2020 г. По ГОСТ 5669-96, ГОСТ 5670-96, ГОСТ 21094-75 определяли физико-химические показатели. По ГОСТ 27839-88 определяли количество и качество клейковины. Произвели лабораторную выпечку с добавлением от 2 до 10 % льняной муки, с разницей между образцами в 1 %, для того чтобы изучить влияние льняной муки на качество хлеба. Приведены данные с процентным соотношением льняной муки 2; 5; 7; 10 %, так как они более наглядно отображают суть исследования. Тесто готовили опарным способом. Для определения влияния льняной муки на качество хлеба готовили смесь из пшеничной и льняной муки в процентном соотношении 98:2; 95:5; 93:7; 90:10. В вариантах опыта с использованием 5–10 % льняной муки содержание клейковины снижалось от 30,8 до 16 %. Образец, в который добавили 5 % льняной муки, улучшил качество теста и готового изделия. У данного варианта наблюдается наибольший объем хлеба (535 мл), что превышает контроль на 2,9 %. Внесение льняной муки до 7 % в пшеничную муку положительно влияет на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба. При проведении корреляционного анализа была выявлена положительная корреляция между объемным выходом хлеба и пористостью ( $r = 0,651$ ), общей хлебопекарной оценкой и пористостью ( $r = 0,592$ ). Использование белковых добавок с большим количеством аминокислот при изготовлении хлеба позволяет повысить его пищевую ценность.*

**Ключевые слова:** льняная мука, пшеничная мука, клейковина, объемный выход хлеба, пористость

**Для цитирования:** Вихрова Е.А. Возможность использования льняной муки при производстве хлебобулочных изделий // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 197–203. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-197-203.

**Elena Aleksandrovna Vikhrova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Povolzhskiy Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov - Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ust-Kinelsky urban-type settlement, Kinel, Samara Region, Russia

<sup>1</sup> vixrova.lena@mail.ru

## POSSIBLE USING FLAXSEED FLOUR IN THE BAKERY PRODUCTS

The aim of the study is to establish the effect of flaxseed flour on the quality of bread made from wheat flour. The object of research is flaxseed flour obtained from the Kinelsky 2020 variety. The technological laboratory of the Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov conducted research and test baking. For the analysis, we used flour of the first grade of soft winter wheat, grade Povolzhskaya 86, and non-fat flaxseed flour obtained from grade Kinelsky 2020, harvest 2020. Physicochemical parameters were determined according to GOST 5669-96, GOST 5670-96, GOST 21094-75. According to GOST 27839-88, the quantity and quality of gluten was determined. Laboratory baked goods were made with the addition of 2–10 % flaxseed flour, with a difference of 1% between samples, in order to study the effect of flaxseed flour on the quality of bread. The data are given with the percentage of flaxseed flour 2; 5; 7; 10 %, as they more clearly reflect the essence of research. The dough was prepared in a sponge way. To determine the effect of flax flour on the quality of bread, a mixture of wheat and flax flour in a percentage ratio of 98:2 was prepared; 95:5; 93:7; 90:10. In variants of the experiment using 5–10 % flaxseed flour, the gluten content decreased from 30.8 to 16 %. The sample, which was added with 5 % flaxseed flour, improved the quality of the dough and the finished product. This variant has the largest volume of bread (535 ml), which exceeds the control by 2.9 %. The introduction of up to 7 % flaxseed flour into wheat flour has a positive effect on the organoleptic and physicochemical indicators of the quality of bread. Correlation analysis revealed a positive correlation between the volumetric yield of bread and porosity ( $r = 0.651$ ), overall bakery rating and porosity ( $r = 0.592$ ). The use of protein supplements with a large amount of amino acids in the manufacture of bread can increase its nutritional value.

**Keywords:** flaxseed flour, wheat flour, gluten, bread volume yield, porosity

**For citation:** Vikhrova E.A. Possible using flaxseed flour in the bakery products // Bulliten KrasSAU. 2022;(1):197–203. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-197-203.

**Введение.** Сегодня необходимо расширить ассортимент в хлебопекарном производстве путем внедрения новейших технологий и включением в рецептуру нетрадиционного сырья, чаще всего растительного происхождения. К такому сырью также относится льняная мука.

По словам И.Э. Миневича [1], как только узнаешь состав льняной муки, ее польза оказывается очевидной. Она богата белками растительного происхождения, важными витаминами (А, Е, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, фолиевая кислота) и минералами (калий, магний, цинк, медь, хром, натрий, селен), жирными кислотами, клетчаткой до 30 %.

Как отмечал В.А. Зубцов [2], химическим составом можно управлять при внесении в пшеничную муку льняной муки, изменяются при этом органолептические показатели готового хлебобулочного изделия: вкус, аромат, внешний вид, – это позволяет обогатить и расширить ассортимент продукции. Белки муки льна отличаются от белков пшеничной муки более полноценным аминокислотным составом и могут дополнить последние, а также повысить ее ценность [3].

Семена льна на данный момент используют в основном для выработки льняного масла. При этом количественный и качественный состав белков семян льна указывает на высокую перспективность их применения в качестве источника белка для повышения биологической ценности хлебобулочных и кондитерских изделий [4]. Большой интерес к льняному семени в наше время понятен, потому что продукты, произведенные из ценного злака, в том числе и мука, обладают целебными свойствами. Природная клетчатка выводит вредные вещества, стимулирует сокращение стенок желудка, кишечника [5]. Семена, а значит и сама мука, богаты антиоксидантами, следовательно, замедляют старение нашего организма. Включение льняного хлеба в дневной рацион позволит снизить риск появления онкологических заболеваний, поможет успокоить нервную систему, увеличить работоспособность человека. Селен, входящий в состав льняной муки, повышает иммунитет, благодаря чему работа щитовидной железы улучшается. Несмотря на то, что льняная мука является полезным продуктом, который благо-

творно влияет на здоровье человека, все же существует ряд противопоказаний. Известно, что лен отлично впитывает воду, а это может вызвать обезвоживание организма. Необходимо пить больше воды при употреблении пищи, содержащую льняную муку [6].

**Цель исследования** – установить влияние льняной муки на качество хлеба из пшеничной муки.

**Задачи:** изучить, как изменятся органолептические и физико-химические показатели пшеничного хлеба с добавлением льняной муки; определить возможность применения льняной муки в качестве улучшителя хлебобулочных изделий; опытным путем определить оптимальный образец, соответствующий основным показателям качества.

**Материал и методы.** В технологической лаборатории Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова были проведены исследования и пробная выпечка. Для анализа использовали муку первого сорта мягкой озимой пшеницы сорта Поволжской 86 и льняную необезжиренную муку, полученную из сорта Кинельский 2020 урожая 2020 г. По ГОСТ 5669-96, ГОСТ 5670-96, ГОСТ 21094-75 определяли физико-химические показатели [7–9]. По ГОСТ 27839-88 определяли количество и качество клейковины [10]. Произвели лабораторную выпечку с добавлением от 2 до 10 % льняной муки, с разницей между образцами в 1 %, для того чтобы изучить влияние льняной муки на качество хлеба. В статье приведены данные с процентным соотношением льняной муки 2; 5; 7; 10 %, так как они более наглядно отображают всю суть исследования. Тесто готовили опарным способом. Для определения влияния льня-

ной муки на качество хлеба готовили смесь из пшеничной и льняной муки в процентном соотношении 98:2; 95:5; 93:7; 90:10. Для этого брали строго определенное количество ингредиентов: 1,3 г соли; 2,5 г сахара; 2,2 г дрожжей и воды в соответствии с ВПС муки по фаринографу. Муку замешивали в лабораторной тестомесильной машине, при этом температура теста была +30...+32 °С, относительная влажность воздуха – от 80 до 85 %. После замеса тесто помещали в термостат. После обминки тесто возвращали в термостат на повторное брожение продолжительностью 60 мин, затем проводили формовку теста.

Выпечка производилась после окончания расстойки в печи при температуре 240 °С. Анализ хлеба проводили через 2 ч после выпечки. В качестве контроля были установлены образцы хлеба из пшеничной муки, выпеченные без добавления льняной муки. Оценивали органолептически внешний вид с учетом поверхности и формы, измеряли объем хлеба. Специальным устройством измеряли высоту (h) и диаметр (d) подового хлеба. Затем оценивали цвет и пористость мякиша органолептически в баллах [11]. Корреляционный анализ проводился по соответствующей методике [12].

**Результаты и их обсуждение.** Анализировали технологические и физико-химические показатели пшеничного хлеба с добавлением льняной муки в количестве 2; 5; 7 и 10 % от массы муки. Для изучения влияния льняной муки на белково-протеиновый комплекс пшенично-льняной смеси изучали изменение количества и качества клейковины. Качество сырой клейковины определяли прибором ИДК-1 по общепринятой методике (табл. 1).

Таблица 1

**Качество клейковины зерна пшеницы по шкале прибора ИДК-1**

Показатель шкалы ИДК-1, усл. ед.	Характеристика клейковины	Группа клейковины
0–15	Неудовлетворительная крепкая	III
20–40	Удовлетворительная крепкая	II
45–75	Хорошая (умеренно упругая)	I
80–100	Удовлетворительно слабая	II
105–120	Неудовлетворительно слабая	III

Из данных таблицы 2 видно, что увеличение процентного содержания льняной муки при добавлении ее к пшеничной снижает количество отмываемой клейковины.

Таблица 2

## Влияние льна на свойства пшеничной клейковины

Вариант	Содержание льняной муки, % от общей массы муки	Технологический показатель		
		Клейковина, %	ИДК-1, усл. ед.	Группа качества
1	0 (контроль)	30,8	80	II
2	2	30,8	94	II
3	5	27,2	96	II
4	7	21,6	99	II
5	10	16,0	108	III

По данным таблицы 2 видно, что контрольный образец характеризовался высоким уровнем сырой клейковины – 30,8 % и относился ко II группе по качеству клейковины – 80 усл. ед. прибора ИДК. В вариантах опыта с внесением льняной муки в количестве 5–10 % содержание клейковины снижалось. Высокое содержание слизи и водорастворимых белков – альбуминов в составе белков льняной муки повлияло на снижение клейковины. Низкое процентное содержание льна во 2-, 3- и 4-м вариантах незначительно изменило упругие качества клейковинного комплекса теста, сохраняя при этом II группу качества (удовлетворительно слабая). Дальнейшее увеличение доли льняной муки до 10 % способствовало ухудшению качества клейковины – 108 усл. ед. прибора ИДК (III группа качества – неудовлетворительно слабая). Полученные результаты позволяют сделать вывод,

что льняная мука оказывает расслабляющее действие на качество клейковины пшеничной муки. А это значит, что для производства кондитерских изделий данный эффект сказывается положительно, потому что для них используется мука со слабой или средней клейковиной.

Анализ пшеничного хлеба с добавлением льняной муки оценивали путем проведения лабораторной выпечки опарным способом. Предпочтительнее вносить льняную муку в смеси с пшеничной при замесе теста, так как это ускоряет созревание теста. Были разработаны рецептуры хлеба с учетом технологического процесса приготовления теста с добавлением льняной муки в количестве 2,0; 5,0; 7,0; 10,0 %.

Влияние добавления льняной муки на органолептические показатели пшеничного хлеба представлено в таблице 3.

Таблица 3

## Органолептические показатели качества пшеничного хлеба с добавлением льняной муки

Показатель	Контроль	10 %	7 %	5 %	2 %
Объемный выход, мл	520	470	500	535	525
Общая хлебопекарная оценка, балл	4,5	3,8	4,3	4,8	4,6
Формоустойчивость (H, мм/d, мм)	6,3	5,0	5,3	6,6	6,3

Следует отметить, что характер влияния на органолептические показатели зависит от количества вносимых компонентов в рецептуру хлебобулочных изделий. Форма у контрольного образца правильная, округлая, с достаточным подъемом, поверхность слегка шероховатая, без трещин,

цвет корки светло-желтый. Мякиш светлый, упругий, промес равномерный, поры мелкие, тонкостенные. Вкус соответствует хлебу из пшеничной муки. Объемный выход – 520 мл. Общая хлебопекарная оценка – 4,5 балла. Формоустойчивость – 6,3 мм. Образец с добавлением льняной муки в

количестве 2 % в малой степени отличался от контрольного образца, объемный выход хлеба увеличился на 1,0 % (525 мл), соответственно его хлебопекарная оценка увеличилась на 2,2 % (4,6 балла). По результатам исследования можно заметить, что образец, в который добавили 5 % льняной муки, улучшил качество теста и готового изделия. У данного варианта наблюдался наибольший объем хлеба – 535 мл, что превышает контроль на 2,9 %.

Формоустойчивость у такого хлеба высокая – 6,6 мм, что выше контроля на 4,8 %. Форма правильная, округлая, с достаточным подъемом, поверхность слегка шероховатая, без трещин, цвет корки желто-коричневый. Мякиш светло-коричневого цвета, эластичный, но слегка заминающийся. Пористость равномерная, поры мелкие, тонкостенные. Ощущается масляный привкус. Общая хлебопекарная оценка у данного варианта опыта составила 4,8 балла и превысила контроль на 6,7 % [12].

При внесении 7 % льняной муки объем хлеба уменьшился и составил 500 мл, соответственно не сильно уступая контрольному образцу – на

3,8 %. Общая хлебопекарная оценка – 4,3 балла – стала значительно меньше (на 4,4 %) в сравнении с классическим образцом. Формоустойчивость также значительно снизилась, что составило 5,3 мм, это ниже контроля на 15,9 %. Подъем хлеба хороший, с небольшой деформацией, шероховатый, без трещин, цвет корки желто-коричневый. Цвет мякиша интенсивно коричневый. Ухудшилась его эластичность и увеличилась плотность. Поры стали гораздо тоньше и меньше, связано это с тем, что в льняной муке сосредоточено большое количество оболочек зерна, пищевых волокон, которые способны уплотнять структуру мякиша. Вкус льняной, маслянистый, очень нежный, мягкий [13]. По данным таблицы 3 можно заметить, что образец, в который добавили 10 % льняной муки, отличается низкими показателями. Консистенция теста получилась непропеченной. Мякиш недостаточно эластичный, заминающийся, заметно уплотненный.

В таблице 4 отражены физико-химические показатели экспериментальных образцов.

Таблица 4

**Физико-химические показатели пшеничного хлеба с добавлением льняной муки**

Показатель мякиша	Контроль	10 %	7 %	5 %	2 %
Пористость, %	80	77	78	78	80
Влажность, %	46	49	48	47	46
Кислотность, град.	3,0	3,8	3,6	3,4	3,0

Все показатели по физико-химической оценке на образцах изменялись, кроме образца с добавлением 2 % льняной муки. При оценке физико-химических показателей установлено, что при добавлении льняной муки от 5 до 7 % наблюдалось снижение пористости мякиша от 2,5 до 3,7 % по сравнению с контролем.

Происходит некоторое уплотнение структуры мякиша из-за большого количества частиц оболочек семян льна, а также изменения структуры белковой молекулы под действием ненасыщенных жирных кислот. Льняная мука имеет большую кислотность и более высокую влажность. Из данных таблицы 4 видно, что с увеличением дозировки льняной муки влажность мякиша хлеба увеличивалась от 2,2 до 6,5 %, говорит о водоудерживающей способности льняной муки: 5 % – 47 %; 7 % – 48; 10 % – 49 %. При этом его эластичность

не нарушилась. Данный фактор в дальнейшем можно использовать для увеличения выхода хлеба с добавлением льняной муки. Кислотность опытных образцов увеличилась по сравнению с контролем, кислотность контрольного образца составила 3,0 град.; с добавлением льняной муки 5 % – 3,4; 7 % – 3,6; 10 % – 3,8 град. Происходит это из-за того, что полиненасыщенные жирные кислоты увеличивают кислотность готовых изделий. Коэффициент корреляции позволяет судить о силе связи между показателями. На всех исследуемых образцах между объемным выходом хлеба и пористостью мякиша наблюдалась положительная корреляция ( $r = 0,651$ ). Между общей хлебопекарной оценкой и пористостью наблюдалась положительная корреляция ( $r = 0,592$ ), что доказывает значительное влияние показателей друг на друга.

**Заключение.** Полученные результаты исследования влияния льняной муки на органолептические и физико-химические показатели качества изделий однозначно подтверждают возможность использования льняной муки в рецептуре хлебобулочных изделий. Можно сделать вывод, что внесение 5 % льняной муки в пшеничную положительно влияет на качество хлеба и является оптимальным образцом, который соответствует основным показателям качества.

Введение в рецептуру хлеба белковых добавок, содержащих большое количество аминокислот, приводит к тому, что такой хлеб получается более ароматным, полезным, увеличивается объем, пористость уменьшается на 2,5 %. Таким образом, добавление льняной муки обогащает хлебобулочные изделия незаменимыми компонентами и дает возможность расширить ассортимент хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.

#### Список источников

1. *Миневич И.Э.* Полисахариды семян льна: практическое применение // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 2. С. 24–36.
2. *Зубцов В.А., Осипова Л.Л., Лебедева Т.И.* Льняное семя, его состав и свойства // Российский химический журнал. 2016. № 2. С. 14–16.
3. *Санина Т.В., Пономарева Е.И., Воронаева О.Н.* Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий массового потребления // Хлебопечение России. 2016. № 6. С. 26–31.
4. *Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П., Сигарева М.А.* Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности // Известия вузов. Пищевая технология. 2015. № 5-6. С. 42–45.
5. *Gutte K., Sahoo A.K., Ranveer R.C.* Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits // Int. Journal Sci. Res. 2015. № 9. P. 42–51.
6. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal [et al.] // Journal Food Sci. Technol. 2016–51 (9). P. 163–165.

7. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.
8. ГОСТ 5669-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения пористости. М.: Стандартинформ, 2006. 7 с.
9. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. М.: Стандартинформ, 2006. 9 с.
10. ГОСТ 27839-88. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. М.: Стандартинформ, 2007. 6 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / ред. М.А. Федин. М., 1988. С. 67–76.
12. *Шухалёв А.М.* Корреляционный анализ. Непараметрические методы: учеб.-метод. пособие. Казань, 2015. 58 с.
13. *Вихрова Е.А.* Влияние соевой муки на хлебобулочные изделия // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12. С. 172–176.

#### References

1. *Minevich I.E.* Polisaharidy semyan l'na: prakticheskoe primeneniye // Hraneniye i pererabotka sel'hozsyry'a. 2019. № 2. S. 24–36.
2. *Zubcov V.A., Osipova L.L., Lebedeva T.I.* L'nyanoe semya, ego sostav i svoystva // Rossijskij himicheskij zhurnal. 2016. № 2. S. 14–16.
3. *Sanina T.V., Ponomareva E.I., Voropaeva O.N.* Povysheniye pischevoj cennosti hlebobulochnyh izdelij massovogo potrebleniya // Hlebopecheniye Rossii. 2016. № 6. S. 26–31.
4. *Shaltumaev T.Sh., Mogil'nyj M.P., Sigareva M.A.* Ispol'zovaniye produktov pererabotki semyan l'na dlya proizvodstva izdelij povyshennoj pischevoj cennosti // Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. 2015. № 5-6. S. 42–45.
5. *Gutte K., Sahoo A.K., Ranveer R.C.* Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits // Int. Journal Sci. Res. 2015. № 9. P. 42–51.
6. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal [et al.] // Journal Food Sci. Technol. 2016-51 (9). P. 163–165.
7. GOST 21094-75. Hleb i hlebobulochnye izdeliya. Metod opredeleniya vlazhnosti. M.: Standartinform, 2006. 12 s.

8. GOST 5669-96 Hlebobulochnye izdeliya. Metody opredeleniya poristosti. M.: Standartinform, 2006. 7 s.
9. GOST 5670-96. Hlebobulochnye izdeliya. Metody opredeleniya kislotnosti. M.: Standartinform, 2006. 9 s.
10. GOST 27839-88. Muka pshenichnaya. Metody opredeleniya kolichstva i kachestva klejkoviny. M.: Standartinform, 2007. 6 s.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / red. M.A. Fedin. M., 1988. S. 67–76.
12. *Shihalev A.M.* Korrelyacionnyj analiz. Neparаметрические методы: учеб.-метод. пособие. Kazan', 2015. 58 s.
13. *Vihrova E.A.* Vliyanie soevoj muki na hlebobulochnye izdeliya // Vestnik KrasGAU. 2020. № 12. S. 172–176.

Статья принята к публикации 01.12.2021 / The article accepted for publication 01.12.2021.

Информация об авторах:

**Елена Александровна Вихрова<sup>1</sup>**, младший научный сотрудник лаборатории инновационных технологий в сфере селекции, семеноводства и семеноведения

Information about the authors:

**Elena Aleksandrovna Vihrova<sup>1</sup>**, Junior Researcher, Laboratory of Innovative Technologies in the Field of Breeding, Seed Production and Seed Science

