

## Технологический потенциал овсяной муки в производстве пшенично-овсяных сортов хлеба

*Волошин М.М., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние различных фракций овсяной муки на технологические свойства пшеничного теста. Овес является перспективным сырьем для функциональных продуктов питания благодаря высокому содержанию  $\beta$ -глюканов, незаменимых аминокислот и витаминов. Однако высокое содержание липидов требует предварительной гидротермической обработки зерна для предотвращения ферментативной порчи. Исследованы две фракции овсяной муки (с размером частиц 250–180 мкм и менее 180 мкм), полученные из нативного и термообработанного сырья. Проведен сравнительный анализ химического состава, вязкостных характеристик клейстеров и параметров брожения полуфабрикатов. Установлено, что мелкая фракция овсяной муки (<180 мкм) характеризуется повышенным содержанием крахмала, что обуславливает более высокие значения максимального крутящего момента при клейстеризации. Гидротермическая обработка способствует снижению кислотности муки и повышению газообразующей способности теста. Показано, что использование термообработанной овсяной муки позволяет достичь большей высоты подъема теста по сравнению с нативным овсом. При этом выявлено снижение газодерживающей способности при добавлении овсяного компонента, что связано с трансформацией белкового комплекса. Полученные данные позволяют дифференцированно подходить к выбору режимов подготовки овсяного сырья в зависимости от качества основной муки и целевых характеристик готового хлеба. Результаты работы могут быть использованы предприятиями хлебопекарной промышленности при разработке рецептур изделий повышенной пищевой ценности.

**Ключевые слова:** овсяная мука, пшенично-овсяные смеси, гидротермическая обработка, реологические свойства, брожение теста, хлебопекарные качества.

**Для цитирования:** Волошин М.М., Фролов Д.И. Технологический потенциал овсяной муки в производстве пшенично-овсяных сортов хлеба // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 13–17.

## Technological potential of oat flour in the production of wheat-oat bread

*Voloshin M.M., Frolov D.I.*

**Abstract.** This article examines the influence of different oat flour fractions on the technological properties of wheat dough. Oats are a promising raw material for functional foods due to their high content of  $\beta$ -glucans, essential amino acids, and vitamins. However, their high lipid content requires preliminary hydrothermal treatment of the grain to prevent enzymatic spoilage. Two fractions of oat flour (with a particle size of 250–180  $\mu\text{m}$  and less than 180  $\mu\text{m}$ ), obtained from native and heat-treated raw materials, were studied. A comparative analysis of the chemical composition, viscosity characteristics of the pastes, and fermentation parameters of the semi-finished products was conducted. It was found that the fine fraction of oat flour (<180  $\mu\text{m}$ ) is characterized by a higher starch content, which results in higher values of the maximum torque during gelatinization. Hydrothermal treatment helps reduce the acidity of the flour and increase the gas-forming capacity of the dough. It is shown that the use of heat-treated oat flour allows for a greater dough rise compared to native oats. Moreover, a decrease in gas-retention capacity was observed with the addition of the oat component, which is associated with the transformation of the protein complex. The data obtained allow for a differentiated approach to the selection of oat raw material preparation modes depending on the quality of the base flour and the target characteristics of the finished bread. The results of this study can be used by bakeries when developing recipes for products with increased nutritional value.

**Keywords:** oat flour, wheat-oat mixtures, hydrothermal treatment, rheological properties, dough fermentation, baking qualities.

**For citation:** Voloshin M.M., Frolov D.I. Technological potential of oat flour in the production of wheat-oat bread. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 14–17. (In Russ.).

## Введение

Современные тенденции развития пищевой промышленности характеризуются переходом к производству продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения [1, 2, 3]. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является расширение ассортимента хлебобулочных изделий за счет вовлечения нетрадиционных видов растительного сырья, среди которых особое место занимает овес [4, 5, 6]. Высокий нутриентный потенциал овса обусловлен уникальным составом его белков, в которых преобладает фракция солерастворимых глобулинов. В отличие от большинства других злаковых культур, овес характеризуется сбалансированным аминокислотным составом с повышенным содержанием лизина [7, 8].

Кроме того, овсяное зерно является богатым источником витаминов группы В, токоферолов и минеральных веществ. Особую ценность представляют пищевые волокна, в частности полисахарид  $\beta$ -глюкан, обладающий выраженными пребиотическими свойствами, способностью снижать уровень холестерина в сыворотке крови и регулировать гликемический индекс продуктов. Несмотря на очевидные преимущества, широкое использование овсяной муки в хлебопечении ограничено рядом технологических факторов. Овес отличается наиболее высоким среди зерновых культур содержанием липидов (от 6% до 11%), большая часть которых представлена ненасыщенными жирными кислотами [9]. При нарушении целостности зерна в процессе помола активизируются липолитические ферменты, что приводит к быстрому гидролизу жиров и последующему окислению, вызывая прогоркание и появление специфического горького привкуса.

Для стабилизации качества овсяных продуктов и продления срока их хранения обязательным этапом переработки является гидротермическая обработка, направленная на инактивацию липаз. Включение овсяной муки в рецептуру пшеничного хлеба существенно влияет на реологию теста и ход технологического процесса. Отсутствие клейковинных белков в овсе приводит к ослаблению газодерживающей способности теста, что требует детального изучения взаимодействия пшеничного и овсяного компонентов. Кроме того, на функционально-технологические свойства муки существенное влияние оказывает ее гранулометрический состав, определяющий водопоглотительную способность и скорость ферментативных процессов.

Целью настоящего исследования является сравнительная оценка технологического потенциала нативной и термообработанной овсяной муки различных фракций, а также изучение их влияния на вязкостные

характеристики клейстеров и ферментативную активность пшенично-овсяных полуфабрикатов. Это позволит научно обосновать рекомендации по использованию овсяных компонентов для получения хлебобулочных изделий с заданными качественными характеристиками.

## Объекты и методы исследований

Объектами исследования послужили образцы зерна овса и пшеничной муки высшего сорта, отобранной по критерию оптимальных хлебопекарных свойств. Для сравнительного анализа использовали два типа овсяного сырья: нативное (необработанное) и прошедшее гидротермическую обработку. Измельчение зерна осуществляли на молотковой мельнице, после чего с помощью лабораторного сита выделяли две гранулометрические фракции с размером частиц 180–250 мкм и менее 180 мкм. На основе полученных фракций и пшеничной муки готовили бинарные смеси в соотношении 70:30 по массе.

Физико-химические показатели исследуемых образцов муки определяли методами, принятыми в отечественной практике: массовую долю влаги – по ГОСТ 9404, зольность – по ГОСТ 27494, содержание сырого белка – методом Кьельдаля по ГОСТ 10846, содержание крахмала – поляриметрическим методом по ГОСТ 10845. Определение массовой доли жира проводили методом экстракции в аппарате Сокслета по ГОСТ 29033, содержание сахаров – по ГОСТ 5672, а общую титруемую кислотность – по ГОСТ 27400. Все лабораторные испытания выполняли в двукратной повторности. Реологические свойства водных суспензий (процесс клейстеризации крахмала) изучали на ротационном реометре. В ходе испытаний регистрировали изменение крутящего момента, характеризующего динамическую вязкость системы в условиях программируемого термического воздействия. Эксперименты проводили как для индивидуальных фракций овсяной муки, так и для пшенично-овсяных смесей. Замес тестовых полуфабрикатов осуществляли в тестомесильной машине фаринографа до достижения целевой консистенции 500 ЕФ (в соответствии с ГОСТ ISO 5530-1). Рецепт включал 300 г мучного компонента, 2,5 % прессованных дрожжей и 2 % поваренной пищевой соли. В течение 180 минут брожения при температуре 30 °С фиксировали следующие реоферментометрические показатели: максимальную высоту подъема теста (Н<sub>m</sub>), время достижения пика (Т<sub>1</sub>), суммарный объем выделившегося диоксида углерода (V<sub>CO<sub>2</sub></sub>) и коэффициент газодержания.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли в программном пакете Statistica 10. Достоверность различий между сред-

Таблица 1 – Физико-химические показатели фракций овсяной муки

Показатель	Нативная мука (250–180 мкм)	Нативная мука (<180 мкм)	Термообработанная мука (250–180 мкм)	Термообработанная мука (<180 мкм)
Влажность, %	7,8	7,8	7,7	7,5
Зольность, % на сух. вещ.	1	0,8	1	0,9
Белок, % на сух. вещ.	13,4	12,1	14,4	12,1
Крахмал, % на сух. вещ.	66,6	71,8	63,4	72,4
Жир, % на сух. вещ.	5,2	4,4	7,2	6,2
Сахара, % на сух. вещ.	1,2	0,7	2,3	0,9
Кислотность, град.	12,4	11,7	3,8	4,1

Таблица 2 – Вязкостные характеристики клейстеров овсяной муки и смесей

Образец	Фракция, мкм	Гидротермическая обработка	Макс. крутящий момент, мкН·м
Контроль (пшеничная мука)	—	—	6587 ± 14,1
Чистая овсяная мука	<180	Нет	16915 ± 21,2
Чистая овсяная мука	<180	Да	22600 ± 141,4
Чистая овсяная мука	250–180	Нет	14440 ± 141,4
Чистая овсяная мука	250–180	Да	22545 ± 205,1
Пшенично-овсяная смесь	<180	Нет	13455 ± 120,2
Пшенично-овсяная смесь	<180	Да	10900 ± 127,3

Таблица 3 – Параметры брожения и газообразования пшенично-овсяного теста

Образец (смесь)	Hm (высота), мм	T1 (время), ч	V <sub>CO2</sub> (объем), мл	Коэф. газоудержания, %
Пшеничная мука (контроль)	46,4	2,18	1449	54,1
Овсяная (<180 мкм, натив.)	32,4	1,28	1207	56,4
Овсяная (250–180 мкм, натив.)	33	1,18	1261	54,3
Овсяная (<180 мкм, ГТО)	35,8	2,3	1235	53,8
Овсяная (250–180 мкм, ГТО)	35,5	2,16	1287	53,5

ними значениями определяли с помощью дисперсионного анализа.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований был изучен химический состав различных фракций овсяной муки. Полученные данные (табл. 1) свидетельствуют о существенной зависимости содержания основных нутриентов от гранулометрического состава и способа подготовки сырья.

Анализ таблицы 1 показывает, что фракция менее 180 мкм характеризуется повышенным содержанием крахмала (до 72,4%), что объясняется выходом крахмалистого эндосперма при тонком помоле. Напротив, в более крупных фракциях (180–250 мкм) зафиксировано высокое содержание зольных элементов, жира и белков, что указывает на наличие частиц периферийных слоев зерна. Применение гидротермической обработки (ГТО) привело к резкому снижению кислотности (в 3–4 раза), что подтверждает эффективную инактивацию липолитических ферментов.

Реологические свойства водных суспензий (вязкость клейстеров) оценивали по величине максимального крутящего момента. Результаты представлены в таблице 2.

Установлено, что добавление овсяной муки

значительно повышает вязкость системы по сравнению с контрольным пшеничным образцом. Это может быть следствием более низкой амилолитической активности овса. Применение ГТО для чистой овсяной муки способствовало росту крутящего момента, вероятно, за счет частичной преджелатинизации крахмала. Однако в смесях с пшеничной мукой наблюдался обратный эффект: ГТО приводила к некоторому снижению пиковой вязкости.

На заключительном этапе были изучены ферментативные свойства теста на реоферментометре (табл. 3).

Согласно данным таблицы 3, введение овсяного компонента снижает максимальную высоту подъема теста (Hm), что предсказуемо из-за отсутствия собственного глютена в овсе. Тем не менее, использование термообработанной муки (ГТО) позволило стабилизировать структуру и увеличить высоту подъема по сравнению с нативным овсом. Наибольший объем выделяемого углекислого газа V<sub>CO2</sub> зафиксирован в образцах с крупной фракцией (250–180 мкм), что коррелирует с повышенным содержанием собственных сахаров в этих частицах. Примечательно, что время достижения максимума (T1) для теста с нативным овсом существенно сокращается, что указывает на необходимость корректировки времени брожения при промышленном производстве таких сортов хлеба.

## Выводы

Исследование подтвердило, что гранулометрический состав и термическая подготовка овсяной муки являются определяющими факторами качества пшенично-овсяного хлеба. Использование мелких фракций позволяет эффективно регулировать вязкость теста, тогда как крупные фракции

активируют дрожжевую микрофлору. Гидротермическая обработка не только стабилизирует жиры, но и улучшает реологическое поведение полуфабрикатов, делая обработку обязательным этапом подготовки овса для хлебопечения. При использовании нативной муки рекомендуется сокращать длительность брожения для предотвращения оседания тестовой заготовки.

## Литература

- [1] Скелецова О. В., Кузнецова О. С., Михайлова И. А. Экономическая оценка производства нового продукта функционального и лечебно-профилактического назначения // *Техника и технология пищевых производств*. – 2013. – №. 1 (28). – С. 148-153.
- [2] Юлдашева Ш. Ж., Алиева Н. И., Камалова М. Б. Свойства продуктов функционального питания // *Вопросы науки и образования*. – 2018. – №. 2 (14). – С. 30-31.
- [3] Ольховатов Е. А., Айрумян В. Ю. Работа по созданию соевых продуктов лечебно-профилактического назначения из сырьевых ресурсов переработки бобов сои современных отечественных сортов // *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*. – 2017. – №. 5. – С. 163-171.
- [4] Шубина Л. Н. и др. Использование нетрадиционных видов сырья и биологически активных добавок для формирования технологических и потребительских свойств функциональных и обогащенных пищевых продуктов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2019. – №. 2-3. – С. 9-12.
- [5] Анашкина П. Ж., Москвичева Е. В., Тимошенкова И. А. Использование нетрадиционных видов растительного сырья в производстве хлебобулочных изделий // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2020. – №. 8-1 (98). – С. 105-110.
- [6] Гришина Е. С., Ступаченко К. А. Обзор нетрадиционного растительного сырья, применяемого при производстве хлебобулочных изделий дифференцированного назначения // *Известия Дагестанского ГАУ*. – 2019. – №. 2. – С. 25-32.
- [7] Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Ярославцев А. А. Оценка коллекции овса по основным биохимическим показателям качества в условиях Тюменской области // *Аграрный вестник Урала*. – 2024. – Т. 24. – №. 1. – С. 2-11.
- [8] Лоскутов И. Овес-прошлое, настоящее и будущее // *Хлебопродукты*. – 2007. – №. 5. – С. 52-54.
- [9] Баталова Г. А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2014. – №. 2 (10). – С. 64-69.

## References

- [1] Sekletsova O. V., Kuznetsova O. S., Mikhailova I. A. Economic assessment of the production of a new product for functional and therapeutic-and-prophylactic purposes // *Equipment and technology of food production*. - 2013. - No. 1 (28). - P. 148-153.
- [2] Yuldasheva Sh. Zh., Alieva N. I., Kamalova M. B. Properties of functional food products // *Issues of science and education*. - 2018. - No. 2 (14). - P. 30-31.
- [3] Olkhovатов E. A., Ayrumyan V. Yu. Work on the creation of soy products for therapeutic and prophylactic purposes from raw materials from processing modern domestic soybean varieties // *Electronic online polythematic journal «Scientific works of KubSTU»*. - 2017. - No. 5. – P. 163-171.
- [4] Shubina L. N. et al. Use of non-traditional raw materials and biologically active additives to form the technological and consumer properties of functional and fortified food products // *News of higher educational institutions. Food technology*. – 2019. – No. 2-3. – P. 9-12.
- [5] Anashkina P. Zh., Moskvicheva E. V., Timoshenkova I. A. Use of non-traditional plant materials in the production of bakery products // *International research journal*. – 2020. – No. 8-1 (98). – P. 105-110.
- [6] Grishina E. S., Stupachenko K. A. Review of non-traditional plant raw materials used in the production of bakery products for differentiated purposes // *News of the Dagestan State Agrarian University*. – 2019. – No. 2. – P. 25-32.
- [7] Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Evaluation of oat collection by main biochemical quality indicators in the Tyumen region // *Agrarian Bulletin of the Urals*. – 2024. – Vol. 24. – No. 1. – P. 2-11.
- [8] Loskutov I. Oats - past, present and future // *Bread products*. – 2007. – No. 5. – P. 52-54.
- [9] Batalova G. A. Prospects and results of naked oat breeding // *Legumes and cereal crops*. – 2014. – No. 2 (10). – P. 64-69.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Волошин Михаил Михайлович</b>  магистрант кафедры «Пищевые производства»  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный  технологический университет»  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>E-mail:</b></p>	<p><b>Voloshin Mikhail Mikhailovich</b>  undergraduate of the department «Food productions»  Penza State Technological University  <b>E-mail:</b></p>
<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b>  кандидат технических наук  доцент кафедры «Пищевые производства»  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный  технологический университет»  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28  <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b>  PhD in Technical Sciences  associate professor at the department of «Food productions»  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28  <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>