

Биохимический и пищевой инжиниринг

Biochemical and food engineering

Научная статья
УДК 664.66.022.39
DOI: 10.14529/food230107

ОБОГАЩЕНИЕ ХЛЕБА ТОНКОДИСПЕРСНЫМИ ПОРОШКАМИ ОТРУБЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**М.Б. Бекболатова, Д.А. Шаймерденова, Ж.М. Чаканова*,
Г.Т. Сарбасова, Д.М. Исакова, А.А. Есмамбетов, А.А. Махамбетова**

ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор», Астана, Казахстан

* janara_78@mail.ru

Аннотация. Объект исследований – хлеб из пшеничной муки, обогащенный тонкоизмельченными отрубями зерновых и зернобобовых культур Казахстана. Хлеб является одним из основных продуктов питания. Основная роль хлеба – придание потребляемым вместе с ним продуктам питания необходимой консистенции и структуры, способствующей эффективной работе желудочно-кишечного тракта и поступлению в организм человека необходимого количества питательных и биологически активных веществ. Основным компонентом традиционного хлеба является мука пшеничная высоких сортов, в процессе производства которой значительно снижается содержание полезных веществ, заложенных в зерне природой. Разработка способов повышения пищевой ценности хлеба путем формирования необходимых физиологических свойств, сохраняя при этом высокие потребительские характеристики, является важнейшей задачей в хлебопечении. Из значительного количества таких способов использование тонкоизмельченных отрубей зерновых культур является экономически и технологически оправданным. Наиболее часто используются в целях повышения пищевой ценности хлеба отруби пшеницы. В то же время мало изучено влияние отрубей других, не менее ценных зерновых и зернобобовых культур. Проведено исследование химического состава тонкоизмельченных отрубей пшеницы, овса, гречихи, чечевицы, определенных как наиболее ценных. Установлено, что наибольшим содержанием белка характеризовались чечевичные отруби, клетчатки – овсяные отруби. При повышении пищевой ценности хлеба применялась классическая рецептура с заменой муки высшего сорта на тонкоизмельченные отруби в количестве от 10 до 20 %. По химическому составу определены наиболее оптимальные количества тонкоизмельченных отрубей, внесение которых значительно повысило пищевую ценность хлеба и сохранило высокие потребительские характеристики. Во всех случаях установлено, что внесение 10 % тонкоизмельченных отрубей принято за оптимальное. Результаты исследования позволили установить оптимальное соотношение пшеничной муки и тонкоизмельченных отрубей зерновых культур для получения хлеба с высокими потребительскими характеристиками. Полученные рецептуры хлеба могут быть рекомендованы для практического применения.

Ключевые слова: зерновые культуры, тонкоизмельченные отруби, хлеб, реологические свойства, пористость, объем, кислотность

Для цитирования: Обогащение хлеба тонкодисперсными порошками отрубей зерновых культур / М.Б. Бекболатова, Д.А. Шаймерденова, Ж.М. Чаканова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 1. С. 65–76. DOI: 10.14529/food230107

© Бекболатова М.Б., Шаймерденова Д.А., Чаканова Ж.М., Сарбасова Г.Т., Исакова Д.М., Есмамбетов А.А., Махамбетова А.А., 2023

Original article
DOI: 10.14529/food230107

ENRICHMENT OF BREAD WITH FINELY DISPERSED GRAIN CROP BRAN POWDERS

**M.B. Bekbolatova, D.A. Shaimerdenova, Zh.M. Chakanova*,
G.T. Sarbasova, D.M. Iskakova, A.A. Esmambetov, A.A. Makhambetova**
Scientific and Production Enterprise "Innovator" LLP, Astana, Republic of Kazakhstan
* janara_78@mail.ru

Abstract. The object of research is bread made from wheat flour, enriched with finely ground bran of grain and leguminous crops of Kazakhstan. Bread is one of the staple foods. The main role of bread is to give the food consumed along with it the necessary consistency and structure, which contributes to the effective functioning of the gastrointestinal tract and the intake of the necessary amount of nutrients and biologically active substances into the human body. The main component of traditional bread is wheat flour of high grades, during the production of which the content of nutrients contained in the grain by nature is significantly reduced. The development of ways to increase the nutritional value of bread by forming the necessary physiological properties, while maintaining high consumer characteristics, is the most important task in baking. From a significant number of such methods, the use of finely ground bran of cereal crops is economically and technologically justified. Wheat bran is most commonly used to increase the nutritional value of bread. At the same time, the effect of bran of other, no less valuable grains and legumes has been little studied. The study of the chemical composition of finely ground bran of wheat, oats, buckwheat, lentils, identified as the most valuable, was carried out. It was found that lentil bran had the highest protein content, oat bran had the highest fiber content. When increasing the nutritional value of bread, a classic recipe was used with the replacement of premium flour with finely ground bran in an amount of 10 to 20 %. According to the chemical composition, the most optimal amounts of finely ground bran were determined, the introduction of which significantly increased the nutritional value of bread and retained high consumer characteristics. In all cases, it was found that the introduction of 10 % finely ground bran is taken as optimal. The results of the study made it possible to establish the optimal ratio of wheat flour and finely ground bran of grain crops to obtain bread with high consumer characteristics. The resulting bread recipes can be recommended for practical use.

Keywords: grain crops, finely ground bran, bread, rheological properties, porosity, volume, acidity

For citation: Bekbolatova M.B., Shaimerdenova D.A., Chakanova Zh.M., Sarbasova G.T., Iskakova D.M., Esmambetov A.A., Makhambetova A.A. Enrichment of bread with finely dispersed grain crop bran powders. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 65–76. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230107

Введение

В Казахстане хлеб – один из основных и доступных продуктов питания, как и во всем мире. Производственный процесс относительно дешев, хорошо известен и не сложно реализуем. Как правило, хлеб имеет хороший вкус, что дает большие возможности вариаций, обеспечивающих широкий выбор потребителям. Пшеница, являющаяся основой традиционного хлеба, по праву считается важным источником энергии, различных питательных веществ и микроэлементов, необходимых для здорового питания. Однако, переработка пше-

ницы существенно изменяет состав полезных веществ, приводя к потере питательных веществ и снижению пищевой ценности пшеничной муки [1]. Традиционно используемая в хлебе пшеничная мука высоких сортов характеризуется незначительным количеством определенных макро- и микроэлементов, ввиду этого в мире предпринимаются усилия по обогащению пшеничной муки [2] и изделий из нее бобовыми культурами [2–5], другими злаками [6] или растительными источниками [7] с целью повышения содержания белка [8], клетчатки [9] или микроэлементов [6].

Растительные источники позволяют обогатить пшеничную муку отдельными незаменимыми аминокислотами, клетчаткой, витаминами и микроэлементами.

В последнее время широко применяются для обогащения хлеба порошкообразные растительные источники, неоспоримым преимуществом которых является высокая концентрация биологически активных веществ, т.к. их масса меньше массы исходного сырья в 6-8 раз, имеется возможность использования при производстве мучных изделий с низкой влажностью, ввиду этого – длительный срок хранения и хорошая транспортабельность [10].

При этом, в виде порошков, и чаще тонкого помола, широко используются не только зерновые культуры, но и их отруби. Так, по данным Xiaohuan Jin et al [11], сверхтонкий помол снижает водоудерживающую способность отрубей на 17–20 %. Тесто, обогащенное такими отрубями, показало в целом лучшую стабильность и растяжимость. Такие же результаты получили Xiaoyun Xu et al [12]. По данным исследований, сверхтонкий помол отрубей повысил водопоглощение, пиковую вязкость, крахмалостойкость теста при горячем гелеобразовании. В то же время, сверхтонкий помол отрубей привел к снижению максимальной высоты теста и снижению образования CO₂ в тесте.

Зерновые отруби являются источником пищевых волокон (целлюлозы и гемицеллюлозы), минеральных веществ, в том числе, (K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn и Se), витаминов (B1, B2). Замена части муки отрубями снижает содержание легкоусвояемых углеводов, кроме этого, позволяет замедлить процесс усвояемости моно- и дисахаридов. Рекомендуемая дозировка отрубей пшеничных в соответствии с источником [13], составляет от 10 до 15 % к массе муки. При увеличении их количества происходит ухудшение органолептических и физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий [14].

Ввиду этого, применение тонкодисперсных порошков из зерновых отрубей представляет значительный интерес как обогатитель и улучшитель хлебобулочных изделий. При этом, главным вопросом, требующим решения в настоящее время, является изучение возможности расширения видов отрубей из зерновых культур и нормы внесения, которые

позволят как повысить пищевую ценность, так и сохранить высокие потребительские качества хлебобулочных изделий.

Объекты и методы исследований

Перечень использованных в исследованиях материалов и нормативных документов, которым они соответствовали:

пшеница – ГОСТ 9353-2016; чечевица – ГОСТ 10418-88; овес – ГОСТ 28673-2019; гречиха – ГОСТ 19092-2021; пшеничная мука – ГОСТ 26574-2017; дрожжи хлебопекарные прессованные – ГОСТ 171-2015; соль поваренная пищевая – СТ РК ГОСТ Р 51574-2003; сахар белый – ГОСТ 33222-2015; вода питьевая – СТ РК ГОСТ Р 51232-2003; масло подсолнечное – ГОСТ 1129-2013.

Тонкодисперсные порошки из зерновых и зернобобовых отрубей получили измельчением на центробежной мельнице ЦМ-0000 (Россия), которая осуществляет размол мелющими телами, расположенными рядами на боковой поверхности ротора, образуя самостоятельно независимо функционирующие каскады с определенными заданными технологическими параметрами. Определение размера частиц полученных размолотых продуктов, проведенных на сканирующем электронном микроскопе Quanta 3D 200i методом энергодисперсионной спектроскопии, показало, что крупность помола составила от 337 нанометров до 1,50 микрометров (рис. 1).

Методика, примененная при выпечке хлеба, – безопарный способ приготовления теста по ГОСТ 27669-88. Пробы теста контрольной группы готовили без добавок. Во всех экспериментах для изготовления хлеба использованы технология и рецептура хлеба из муки высшего сорта в соответствии с [15]. Тесто для хлеба с добавлением тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей замешивали вручную в течение 10 мин в соответствии с расчетными значениями рецептуры (табл. 1).

Тесто помещали в термостат при температуре 35–37 °С для брожения на 90 минут. В процессе брожения проводили две обминки. По окончании брожения проводили разделку теста и формование заготовок, направленные сначала на расстойку, а затем – на выпечку. Выпечку проводили в печи с увлажнением пекарной камеры при температуре 220–230 °С с продолжительностью выпечки 28 мин [16].

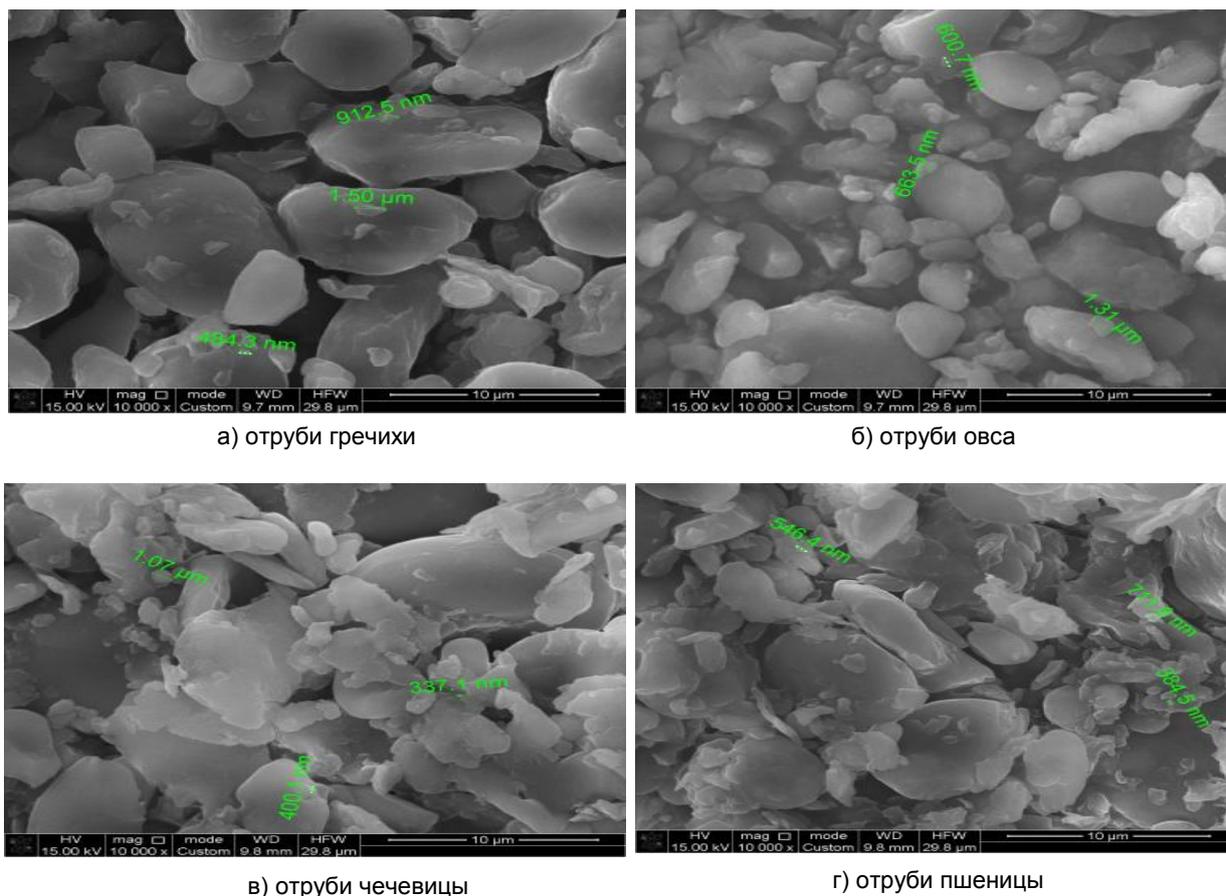


Рис. 1. Изображение тонкодисперсного порошка из отрубей

Таблица 1
Рецептура приготовления хлеба из пшеничной муки высшего сорта с внесением тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей

Наименование сырья	Расход сырья, %			
	Контроль	Опытные пробы с дозой внесения тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей		
		10 %	15 %	20 %
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	100	100	100	100
Тонкодисперсные порошки из зерновых и зернобобовых отрубей	0	10	15	20
Дрожжи хлебопекарные	1,5	1,5	1,5	1,5
Соль поваренная пищевая	1,0	1,0	1,0	1,0
Сахар -песок	2,0	2,0	2,0	2,0
Вода питьевая	По расчету	По расчету	По расчету	По расчету

Анализ образцов проведен спустя 20 часов после выпекания хлеба. Отбор образцов осуществляли по ГОСТ 5667-65. Влажность хлеба определяли по ГОСТ 21094-75, кислотность – по ГОСТ 5670-96, пористость мякиша – по ГОСТ 5669-96 на приборе Журавлева, для подового хлеба – объемный выход определяли объёмомером хлеба РЗ-БИО, работа которого заключается в вытеснении хлебом объема мелкого зерна, применяемого в качестве сыпучего материала [17]. Удельный объем хлеба вычисляли по объему образца, взвешенного с точностью до 1 г.

Органолептические свойства полученных образцов хлеба определяли экспертным методом. В качестве экспертов были выбраны сотрудники компании. Оцениваемые образцы представлены в табл. 2. Внешний вид хлеба определяли визуально, обращали внимание, прежде всего, на цвет коркового слоя, затем состояние поверхности – насколько правильные и симметричные формы образца. Состояние корки оценивали по состоянию поверхности, состоянию мякиша – по цвету и оттенкам мякиша. На состояние мякиша также влияли пористость, эластичность, промес и пропеченность. Разжёвыванием мякиша определяли вкус хлеба. Наличием или отсутствием несвойственных запахов у образцов хлеба оценивался их аромат. По эластичности стенок и черствости образцов оценивалась свежесть хлеба [18, 19].

Таблица 2
Наименование опытных образцов

Опытный образец	Полное наименование опытных образцов
ПХКО (контрольный)	Подовый хлеб – контрольный образец
ПХТДППО	Подовый хлеб с тонкодисперсным порошком из пшеничных отрубей
ПХТДПГО	Подовый хлеб с тонкодисперсным порошком из гречишных отрубей
ПХТДПОО	Подовый хлеб с тонкодисперсным порошком из овсяных отрубей
ПХТДПЧО	Подовый хлеб с тонкодисперсным порошком из чечевичных отрубей

Результаты и их обсуждение

В целях исследования повышения пищевой ценности хлеба с добавлением тонкодисперсных порошков из зерновых отрубей проведен их химический и микробиологический анализ (рис. 2).

Сравнительная оценка тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей показала, что по содержанию белка преобладает тонкодисперсный порошок из чечевичных отрубей 18,56 %, по содержанию клетчатки и жира – тонкодисперсный порошок из овсяных отрубей (4,85 % жира и 16,43 % клетчатки), по содержанию крахмала – тонкодисперсный порошок из гречишных отрубей 56,01 %.

Полученные данные микробиологических показателей свидетельствуют о безопасности исследованных тонкодисперсных порошков.

Для оценки качества полученных образцов хлеба готовых изделий использовали органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели их качества.

Проведены исследования влияния тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей на физико-химические показатели хлеба из пшеничной муки высшего сорта и тонкодисперсных порошков (рис. 3–5).

Анализ данных хлебобулочных изделий, полученных при внесении тонкодисперсных порошков из отрубей зерновых и зернобобовых культур в тесто в количестве 10; 15; 20 % к массе муки, показал, что формоустойчивость всех экспериментальных образцов увеличилась на 2–3 % по сравнению с контролем (см. рис. 3).

Наибольшее увеличение кислотности наблюдается при внесении тонкодисперсных порошков из отрубей зерновых и зернобобовых культур в тесто в количестве 20 % по сравнению с контрольным образцом. При внесении 10 и 15 % наблюдается незначительное увеличение кислотности по сравнению с контролем, с 2 до 2,8 град (см. рис. 4).

Пористость хлебобулочных изделий определяет их важное свойство – усвояемость. Хлеб с низкой пористостью характеризует изделие из плохо выброженного теста с низкой влажностью. При этом стандартное значение пористости пшеничного хлеба находится в пределах от 63 до 65 % [13].

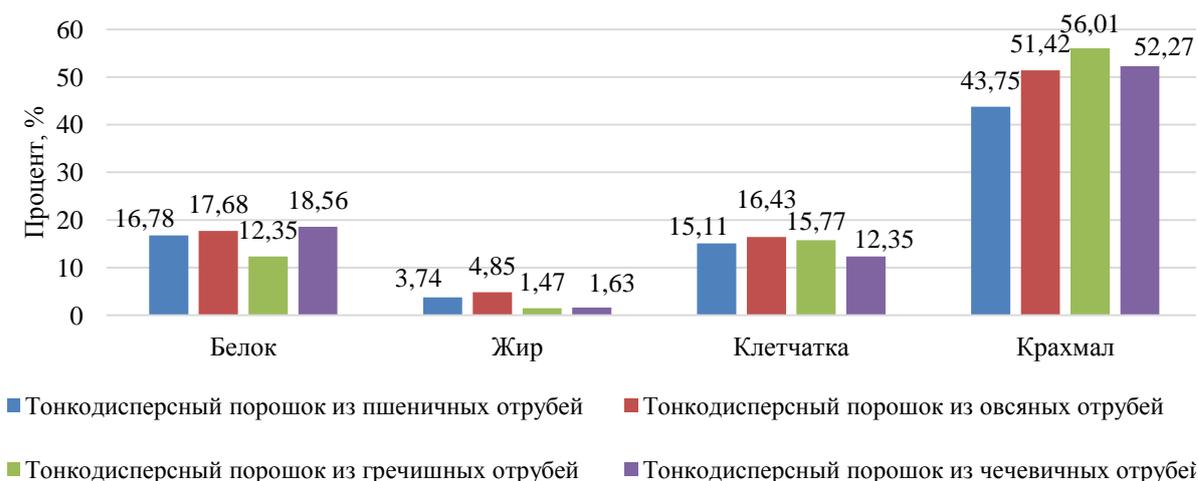


Рис. 2. Сравнительная характеристика тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей

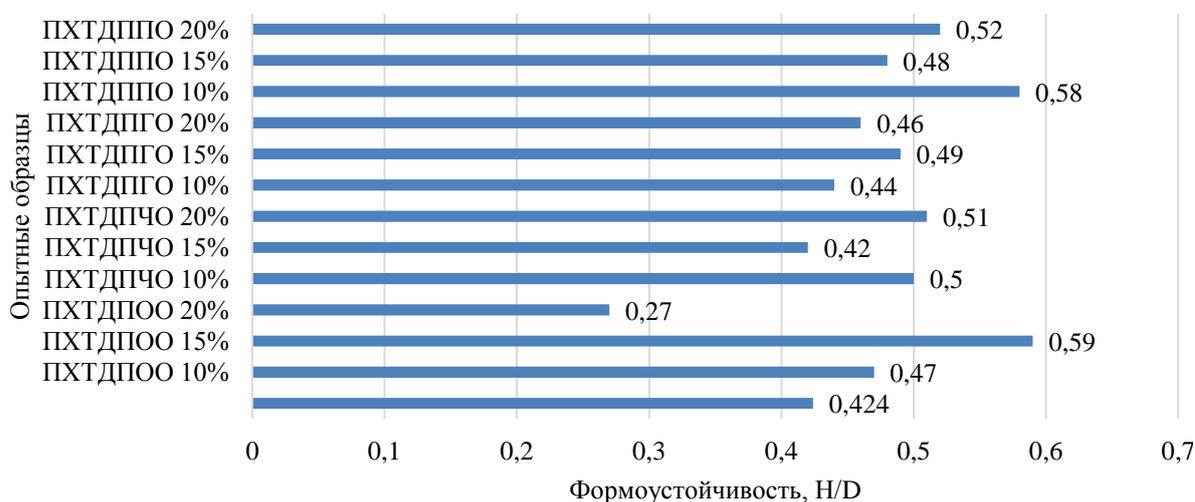


Рис. 3. Влияние дозы внесения тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей на формоустойчивость

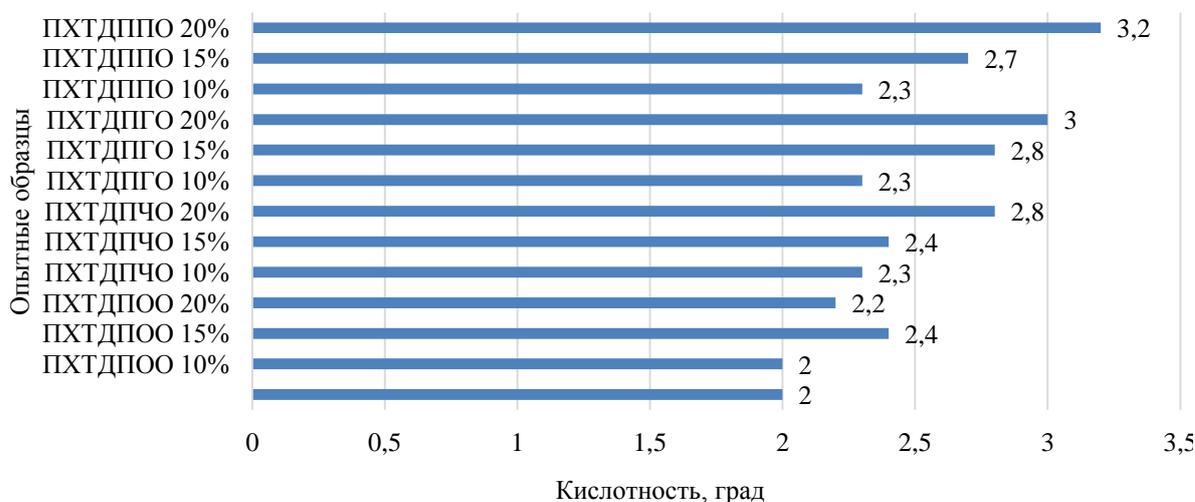


Рис. 4. Влияние дозы внесения тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей на кислотность

Данные исследований показали, что пористость всех полученных опытных образцов с тонкодисперсными порошками из зерновых и зернобобовых отрубей была от 49 до 72 %, что находится в пределах средних и высоких значений и указывает на то, что тесто хорошо выброжено (см. рис. 5) [20].

То есть с увеличением дозировки тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей возрастает кислотность мякиша хлеба, снижаются удельный объем и пористость.

Оценка данных органолептической характеристики показала, что контрольные образцы и образцы с добавлением 10 % тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей обладали правильной формой, имели равномерно окрашенную корку от светло-коричневого до коричневого цвета, равномерную и среднюю пористость, средне эластичный мякиш, выраженный вкус и аромат, свойственный хлебу.

В то же время добавление 15 и 20 % тонкодисперсных порошков зерновых и зернобобовых культур привело к значительному ухудшению следующих органолептических показателей – пористость хлеба, окраска корки и состояние поверхности.

Таким образом, результаты исследований показали, что наиболее рациональным количеством вносимых тонкодисперсных порошков зерновых и зернобобовых культур является 10 % порошков от массы образца. Использование такой дозировки позволило получить хлеб с максимальными близкими к контрольному

образцу физико-химическими и потребительскими показателями.

Анализ подового хлеба с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей на микробиологическую безопасность показал, что исследованные показатели безопасности: КМАФАнМ, дрожжи, плесени не превысили предельно-допустимые значения (табл. 3).

Результаты анализов химического состава полученных образцов показали, что, по сравнению с контрольным образцом, во всех опытных образцах наблюдается повышенное содержание белка на 8–9 % и клетчатки от 2 до 5 раз. Известно, что хлеб с отрубями активизирует пищеварение, ускоряет процесс освобождения от токсинов. Кроме этого, высокое содержание белка и клетчатки позволяет снизить риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы и диабета [21, 22].

Качественная оценка опытных образцов подового хлеба с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей по органолептическим показателям показала, что использование 10 % тонкодисперсных порошков из пшеничного, овсяного, гречишного и чечевичного отрубей обеспечивает высокие органолептические и физико-химические показатели хлеба (табл. 4).

У исследуемых образцов (рис. 6) подового хлеба с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из овсяных, гречишных, чечевичных и пшеничных отрубей форма хлеба правильная, круглая без вмятин, поверхность корки ровная, гладкая без вздутий и трещин.

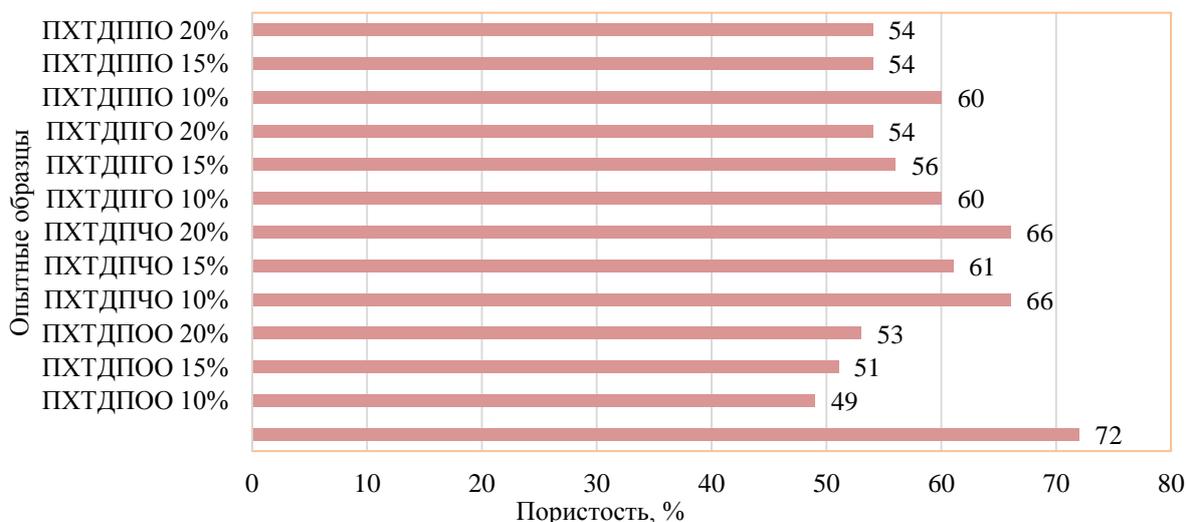


Рис. 5. Влияние дозы внесения тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей на пористость

Таблица 3
Химический и микробиологический анализ подового хлеба с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей

Опытный образец	Физико-химические показатели					Микробиологические показатели, КОЕ/г		
	Влажность, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля углеводов, %	Массовая доля клетчатки, %	КМА-ФАНМ,	дрожжи	плесени
						<i>ПДК</i> 5×10^4	<i>ПДК</i> 50	<i>ПДК</i> 50
ПХКО (контрольный)	34,94	9,5	2,95	41,04	1,05	1×10^2	1	Не обн.
ПХ с 10 %ТДП из ПО	31,70	10,39	4,08	44,56	2,02	4×10^2	5	Не обн.
ПХ с 10 %ТДП из ГО	31,04	10,26	1,78	35,51	2,23	5×10^2	1	Не обн.
ПХ с 10 %ТДП из ОО	32,86	10,40	3,72	26,48	4,08	4×10^2	1	Не обн.
ПХ с 10 %ТДП из ЧО	32,36	10,31	3,36	29,48	5,16	2×10^2	1	Не обн.

Таблица 4
Показатели качества опытных образцов подового хлеба с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей по органолептическим показателям

Наименование показателей	Подовый хлеб с 10 % тонкодисперсным порошком			
	из овсяных отрубей (ПХТДПОО 10 %)	из гречишных отрубей (ПХТДПГО 10 %)	из чечевичных отрубей (ПХТДПЧО 10 %)	из пшеничных отрубей (ПХТДППО 10 %)
Внешний вид:				
Форма	Правильная, без вмятин, с ровными краями			
Поверхность	Гладкая без вздутий и трещин			
Цвет корки	Светло-коричневая	Коричневая	Коричневая	Светло-коричневая
Состояние мякиша	Пропеченные, без признаков непромеса, с равномерной структурой			
Пористость	По крупности – средняя, равномерная			
Вкус	Приятный, с легко выраженным вкусом хлеба с обойной мукой			
Запах	Приятный, с легко выраженным запахом внесенной добавки			
Влажность	41,2	40,5	42,3	42,1
Кислотность	2,0	2,3	2,3	2,3



Подовый хлеб с 10% тонкодисперсным порошком из овсяных отрубей

Подовый хлеб с 10% тонкодисперсным порошком из гречишных отрубей

Подовый хлеб с 10% тонкодисперсным порошком из чечевичных отрубей

Подовый хлеб с 10% тонкодисперсным порошком из пшеничных отрубей

Рис. 6. Вид опытных образцов подового хлеба с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из зерновых и зернобобовых отрубей

Цвет опытных образцов с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из овсяных и пшеничных отрубей – светло-коричневый, образцы с 10 % содержанием тонкодисперсных порошков из гречишных и чечевичных отрубей – коричневые. Состояние мякиша у всех образцов – пропеченные, без признаков непромеса, с равномерной структурой и пористостью. Вкус и запах – приятный, с легко выраженным вкусом хлеба с обойной мукой.

Выводы

Полученные в ходе исследований результаты показали, что тонкодисперсные порошки

из зерновых и зернобобовых отрубей можно использовать в качестве обогатителя пшеничной муки в технологии производства пшеничного хлеба. Так, по сравнению с контрольным образцом, во всех полученных образцах хлеба наблюдается повышенное содержание белка на 8–9 % и клетчатки от 2 до 5 раз. Известно, что хлеб с отрубями активизирует пищеварение, ускоряет процесс освобождения от токсинов. Кроме этого, высокое содержание белка и клетчатки позволяет снизить риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы и диабета.

Список литературы

1. Narwal S., Gupta O.P., Pandey V., Kumar D. and Ram S. Effect of storage and processing conditions on nutrient composition of wheat and barley. In wheat and barley grain biofortification. Elsevier, 2020. P. 229–256. DOI: 10.1016/B978-0-12-818444-8.00009-2
2. Latunde-Dada G.O., Aslam M.F., Ellis P.R., Berry S.E. and Sharp P.A. Wheat flour fortification to prevent iron-deficiency anemia. In flour and breads and their fortification in health and disease prevention. Elsevier, 2019. P. 485–491. DOI: 10.1016/B978-0-12-814639-2.00039-3
3. Dauda A.O., Abiodun O.A., Arise A.K. and Oyeyinka S.A. Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially defatted groundnut paste // LWT. 2018. 90: 265–269. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.12.039
4. Zhang H., Wang H., Cao X. and Wang J. Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review // Food Res. Int., 2018. 113: 24–35. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.068
5. Boukid F., Zannini E., Carini E. and Vittadini E. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? // Trends in Food Sci. Tech. 2019. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.007
6. Pande S., Sakhare S., Bhosale M., Haware D. and Inamdar A. Atta (whole wheat flour) with multi-wholegrains: Flour characterization, nutritional profiling and evaluation of chapati making quality // J. Food Sci. Technol., 2017. 54(11): 3451–3458. DOI: 10.1007/s13197-017-2801-7
7. Díaz A., Bomben R., Dini C., Viña S.Z., García M.A., Ponzi M. and Comelli N. Jerusalem artichoke tuber flour as a wheat flour substitute for biscuit elaboration // LWT. 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.082

8. Nogueira A.D.C. and Steel C.J. Protein enrichment of biscuits: A review // *Food Rev. Int.*, 2018. 34(8): 796–809. DOI: 10.1080/87559129.2018.1441299
9. Turfani V., Narducci V., Durazzo A., Galli V. and Carcea M. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours // *LWT – Food Sci. Tech.*, 2017. 78: 361–366. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.030
10. Арсеньева Л.Ю., Борисенко О.В., Доценко В.Ф. Теоретические и практические аспекты использования тонкодиспергованных концентратов пищевых волокон в технологи ржано-пшеничного хлеба // *Научные работы НУПТ*. 2008. № 25. С. 115–119.
11. Xiaoxuan Jin, Suyun Lin, Jing Gao, Yong Wang, Jian Ying, Zhizhong Dong, Weibiao Zhou. How manipulation of wheat bran by superfine-grinding affects a wide spectrum of dough rheological properties // *Journal of Cereal Science*. November 2020, Volume 96. DOI: 10.1016/j.jcs.2020.103081
12. Xiaoyun Xu, Yan Xu, Naifu Wang, Yibin Zhou. Effects of superfine grinding of bran on the properties of dough and qualities of steamed bread // *Journal of Cereal Science*. May 2018. Vol. 81. P. 76–82. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.04.002
13. Электронный ресурс: <https://infourok.ru/opredelenie-poristosti-hlebobulochnih-izdelyiy-1748657.html>
14. Сборник рецептур и технологических инструкций по приготовлению хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания. М.: Пищепромиздат, 2004. 252 с.
15. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / сост. П.С. Ершов. – СПб., 2009. 192 с.
16. ГОСТ 27669-88. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба.
17. Аманова З.М., Мажидов К.Х. Использование продуктов переработки айвы в хлебопечении // *Хлебопечение России*. 1998. № 4. С. 26.
18. Косован А.П., Дремучева Г.Ф., Поландова Р.Д. Методическое руководство по определению химического состава и энергетической ценности хлебобулочных изделий. М.: Московская типография № 2, 2008. 208 с.
19. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. СПб.: ГИОРД, 2004. 260 с.
20. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность: учеб.-справ. пособие / А. С. Романов, Н.И. Давыденко, Л.Н. Шатнюк и др.; под общ. ред. В.М. Позняковского. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2009. 280 с.
21. Электронный ресурс: <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/kakoy-khleb-poleznee/> Какой хлеб полезнее?
22. Kurek M. et al. The use of dietary fibers in bakery products // *J Food Process Technol*. 2015. Vol. 6, No. 5. P. 1–4.

References

1. Narwal S., Gupta O.P., Pandey V., Kumar D. and Ram S. *Effect of storage and processing conditions on nutrient composition of wheat and barley. In wheat and barley grain biofortification*. Elsevier, 2020, pp. 229–256. DOI: 10.1016/B978-0-12-818444-8.00009-2
2. Latunde-Dada G.O., Aslam M.F., Ellis P.R., Berry S.E. and Sharp P.A. *Wheat flour fortification to prevent iron-deficiency anemia. In flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Elsevier, 2019, pp. 485–491. DOI: 10.1016/B978-0-12-814639-2.00039-3
3. Dauda A.O., Abiodun O.A., Arise A.K. and Oyeyinka S.A. Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially defatted groundnut paste. *LWT*, 2018. 90: 265–269. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.12.039
4. Zhang H., Wang H., Cao X. and Wang J. Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. *Food Res. Int.*, 2018. 113: 24–35. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.068
5. Boukid F., Zannini E., Carini E. and Vittadini E. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? *Trends in Food Sci. Tech.*, 2019. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.007
6. Pande S., Sakhare S., Bhosale M., Haware D. and Inamdar A. Atta (whole wheat flour) with multi-wholegrains: Flour characterization, nutritional profiling and evaluation of chapati making quality. *J. Food Sci. Techn.*, 2017. 54(11): 3451–3458. DOI: 10.1007/s13197-017-2801-7

7. Díaz A., Bomben R., Dini C., Viña S.Z., García M.A., Ponzi M. and Comelli N. Jerusalem artichoke tuber flour as a wheat flour substitute for biscuit elaboration. *LWT*, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.082
8. Nogueira A.D.C. and Steel C.J. Protein enrichment of biscuits: A review. *Food Rev. Int.*, 2018. 34(8): 796–809. DOI: 10.1080/87559129.2018.1441299
9. Turfani V., Narducci V., Durazzo A., Galli V. and Carcea M. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT – Food Sci. Tech.*, 2017. 78: 361–366. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.030
10. Arsenyeva L.Yu., Borisenko O.V., Dotsenko V.F. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty ispol'zovaniya tonkodispersgovanykh kontsentratov pishchevykh volokon v tekhnologii rzhano-pshenichnogo khleba [Theoretical and practical aspects of the use of finely dispersed dietary fiber concentrates in the technology of rye-wheat bread]. *Nauchnye raboty NUPT* [Scientific works of NUPT], 2008, no. 25, pp. 115–119.
11. Xiaoxuan Jin, Suyun Lin, Jing Gao, Yong Wang, Jian Ying, Zhizhong Dong, Weibiao Zhou. How manipulation of wheat bran by superfine-grinding affects a wide spectrum of dough rheological properties. *Journal of Cereal Science*, November 2020, vol. 96. DOI: 10.1016/j.jcs.2020.103081
12. Xiaoyun Xu, Yan Xu, Naifu Wang, Yibin Zhou. Effects of superfine grinding of bran on the properties of dough and qualities of steamed bread. *Journal of Cereal Science*. May 2018, vol. 81, pp. 76–82. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.04.002
13. URL: <https://infourok.ru/opredelenie-poristosti-hlebobulochnih-izdeliy-1748657.html>
14. *Sbornik retseptur i tekhnologicheskikh instruktsiy po prigotovleniyu khlebobulochnykh izdeliy dlya profilakticheskogo i lechebnogo pitaniya* [Collection of recipes and technological instructions for the preparation of bakery products for preventive and therapeutic nutrition]. Moscow, 2004. 252 p.
15. Ershov P.S. *Sbornik retseptur na khleb i khlebobulochnye izdeliya* [Collection of recipes for bread and bakery products]. St. Petersburg, 2009. 192 p.
16. GOST 27669-88. *Muka pshenichnaya khlebopekarnaya. Metod probnoy laboratornoy vypechki khleba* [Interstate standard (GOST) 27669-88. Baking wheat flour. Method of trial laboratory baking of bread].
17. Amanova Z.M., Mazhidov K.Kh. Ispol'zovanie produktov pererabotki ayvy v khlebopechenii [The use of quince processing products in bakery]. *Khlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], 1998, no. 4, pp. 26.
18. Kosovan A.P., Dremucheva G.F, Polandova R.D. *Metodicheskoe rukovodstvo po opredeleniyu khimicheskogo sostava i energeticheskoy tsennosti khlebobulochnykh izdeliy* [Guidelines for determining the chemical composition and energy value of bakery products]. Moscow, 2008. 208 p.
19. Puchkova L.I. *Laboratornyy praktikum po tekhnologii khlebopekarnogo proizvodstva* [Laboratory workshop on the technology of bakery production]. St. Petersburg, 2004. 260 p.
20. Romanov A.S., Davydenko N.I., Shatnyuk L.N. et al. *Ekspertiza khleba i khlebobulochnykh izdeliy. Kachestvo i bezopasnost'* [Examination of bread and bakery products. Quality and safety: study guide. allowance]. Novosibirsk, 2009. 280 p.
21. URL: <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/kakoy-khleb-poleznee-/> Какой хлеб полезнее?
22. Kurek M. et al. The use of dietary fibers in bakery products. *J Food Process Technol.*, 2015, vol. 6, no. 5, pp. 1–4.

Информация об авторах

Бекболатова Меруерт Болатовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор», Астана, Республика Казахстан, meru_bolatovna@mail.ru.

Шаймерденова Даригаш Арыновна, доктор технических наук, главный научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор», Астана, Республика Казахстан, darigash@mail.ru.

Чаканова Жанар Меирхановна, аспирант, старший научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Иноватор», Астана, Республика Казахстан, janara_78@mail.ru

Сарбасова Гайни Толеуалиевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Иноватор», Астана, Республика Казахстан, sargt@mail.ru

Искакова Дамира Максutowна, кандидат экономических наук, директор, ТОО «Научно-производственное предприятие «Иноватор», Астана, Республика Казахстан, damirais61@mail.ru

Есмамбетов Адлет Алтынебекулы, доктор PhD, научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Иноватор», Астана, Республика Казахстан, yesmamba@tcd.ie,

Махамбетова Алима Абдукаримовна, научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Иноватор», Астана, Республика Казахстан, 1957alyma@mail.ru

Information about the authors

Meruert B. Bekbolatova, Candidate of Technical Sciences, Senior researcher, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, meru_bolatovna@mail.ru

Darigash A. Shaimerdenova, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, darigash@mail.ru

Zhanar M. Chakanova, post-graduate student, senior researcher, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, janara_78@mail.ru

Gaini T. Sarbasova, Doctor of Agricultural Sciences, Leading researcher, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, sargt@mail.ru

Damira M. Iskakova, Candidate of Economic Sciences, Director, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, damirais61@mail.ru

Adlet A. Esmambetov, PhD, researcher, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, yesmamba@tcd.ie,

Alima A. Makhambetova, Researcher, Scientific and Production Enterprise “Innovator” LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, 1957alyma@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.11.2022

The article was submitted 10.11.2022