ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2529
https://elibrary.ru/NLAVOY

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием цельносмолотой полбяной муки

Р. Х. Кандроков[1,*], Т. И. Юрченко[1], В. В. Румянцева[2]

[1] *Российский биотехнологический университет, Москва, Россия*

[2] *Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия*

Поступила в редакцию: 18.12.2023
Принята после рецензирования: 10.02.2024
Принята к публикации: 05.03.2024

Р. Х. Кандроков: nart132007@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2003-2918
Т. И. Юрченко: https://orcid.org/0000-0001-7365-0678
В. В. Румянцева: https://orcid.org/0009-0006-3198-4550

© Р. Х. Кандроков, Т. И. Юрченко, В. В. Румянцева, 2024

Аннотация.
Мировая практика показывает, что полбяная мука получила широкое распространение при производстве продуктов питания из растительного сырья за счет повышенной пищевой ценности. Принимая во внимание высокое содержание белка в полбяной муке, особый интерес представляет разработка новых видов хлебобулочных изделий из слоеного теста с использованием цельносмолотой полбяной муки.
Объектами исследования являлись дрожжевые и бездрожжевые слоеные изделия, содержащие цельносмолотую полбяную муку. С помощью общепринятых органолептических и физико-химических методов исследования анализировали: влажность, кислотность, количество и качество клейковины, число падения.
В результате исследования установили оптимальную дозировку цельносмолотой полбяной муки для выпечки слоеных изделий, которая составила 30 % от общей массы муки. Показатели качества соответствовали требованиям ГОСТ 9511-80. Разработали рецептуру и технологию производства дрожжевых и бездрожжевых слоеных изделий повышенной пищевой ценности с использованием цельносмолотой полбяной муки. Расчетным путем определили химический состав и энергетическую ценность в 100 г готового продукта. Проведенный расчет показал, что добавление 30 % полбяной цельносмолотой муки в рецептуру дрожжевых слоеных изделий увеличивает содержание белка на 32,3 %, углеводов – на 31,7 %, пищевых волокон – на 63,0 %, минеральных веществ – на 43,2 %, при этом количество жира увеличивается незначительно – на 1,6 %. Добавление 30 % полбяной цельносмолотой муки в рецептуру бездрожжевых слоеных изделий повышает количество белка на 13,5 %, углеводов – на 23,3 %, пищевых волокон – на 3,6 %, минеральных веществ – на 21,6 %, при небольшом повышении количества жира на 2,5 %.
Применение цельносмолотой полбяной муки позволяет расширить ассортимент обогащенных слоеных изделий, при этом бездрожжевые слоеные изделия имеют более высокие потребительские характеристики по сравнению с дрожжевыми.

Ключевые слова. Полба, цельносмолотая полбяная мука, мучные изделия, слоеные изделия, нетрадиционное сырье, обогащение, пищевая ценность, качество

Для цитирования: Кандроков Р. Х., Юрченко Т. И., Румянцева В. В. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием цельносмолотой полбяной муки // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 3. С. 598–609. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2529

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2529
https://elibrary.ru/NLAVOY

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

New Technology of Bakery Products of Whole-Ground Spelt Flour

Roman Kh. Kandrokov[1,*], Tatyana I. Yurchenko[1], Valentina V. Rumyantseva[2]

[1] *Russian Biotechnological University, Moscow, Russia*

[2] *Turgenev Orel State University, Orel, Russia*

Received: 18.12.2024
Revised: 10.02.2024
Accepted: 05.03.2024

Roman Kh. Kandrokov: nart132007@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2003-2918
Tatyana I. Yurchenko: https://orcid.org/0000-0001-7365-0678
Valentina V. Rumyantseva: https://orcid.org/0009-0006-3198-4550

© R.Kh. Kandrokov, T.I. Yurchenko, V.V. Rumyantseva, 2024

Abstract.
Spelt flour is rich in protein and adds nutritional value to bakery products, thus rendering them qualities of functional foods. The article introduces a new technology for preparing functional puff pastry with whole-grain spelt flour.
The research featured yeast and yeast-free puff pastries made of whole-grain spelt flour. The samples obtained were analyzed with standard methods of sensory and physicochemical research and covered such variables as moisture content, acidity, quantity and quality of gluten, and falling number.
The optimal share of whole-grain spelt flour amounted to 30% of total flour. The quality indicators met State Standard GOST 9511-80. The experiments made it possible to obtain the optimal formulations and technologies for yeast and yeast-free whole-grain spelt puff pastries with added nutritional value. The chemical composition and energy value per 100 g of finished product were determined by calculation. In the yeast puff pastry, adding 30% whole-grain spelt flour raised the protein content by 32.3%, carbohydrates by 31.7%, dietary fiber by 63.0%, and minerals by 43.2%. The fat increased only slightly, i.e., by 1.6%. In the yeast-free puff pastry, adding 30% whole-grain spelt flour raised the protein content by 13.5%, carbohydrates by 23.3%, dietary fiber by 3.6%, and minerals by 21.6%. The fat increase was also insignificant (2.5%).
Whole-grain spelt flour proved able to expand the range of fortified puff pastries. The new yeast-free functional puff pastry demonstrated better consumer characteristics than the experimental sample with yeast.

Keywords. Spelt, whole-ground spelt flour, flour products, puff pastry, non-traditional raw materials, fortification, nutritional value, quality

For citation: Kandrokov RKh, Yurchenko TI, Rumyantseva VV. New Technology of Bakery Products of Whole-Ground Spelt Flour. Food Processing: Techniques and Technology. 2024; 54(3):598–609. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2529

Введение

Вопрос обогащения продуктов питания биологически активными компонентами, макро- и микроэлементами в последние годы находится в фокусе исследовательского внимания и вопрос формирования государственной политики в области здорового питания является не только актуальным. Поддержка государством этого приоритетного направления обусловлена тем, что повседневный образ жизни среднестатистического россиянина не обеспечивает соблюдение принципов сбалансированного питания. Питание играет неотъемлемую роль в поддержании здоровья человека и напрямую зависит от качества употребляемой пищи. Сохранение и укрепление здоровья населения – одна из приоритетных задач Российского государства [1, 2].

В аспекте данной проблематики производители ставят перед собой задачу повысить пищевую ценность продуктов за счет использования нерафинированного сырья, отличающегося минимальной степенью очистки, вместе с этим повышенной пищевой ценностью, которое позволяет увеличить количество нутриентов, необходимых для поддержания физиологических процессов в организме человека. Глубокое и всестороннее решение данной проблемы для производителей является реализацией Федерального Закона «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» от 11.06.2021 № 159-ФЗ. Рассматривая статистику, полученную путем опроса респондентов касаемо здорового питания, было выявлено, что здоровый образ жизни на сегодняшний день выступает в роли потребительского тренда. Отсюда большая часть покупателей уделяет особое внимание полезным продуктам, ставя их на первое место. Одновременно передовые производители стараются следовать не только законодательной базе, но и трендам [3].

Развитие кондитерской и хлебопекарной промышленности достигается за счет модификации и внедрения в технологию изделий обогатителей, которые повышают биологическую ценность изделий и качество готового продукта. Рассматривая рынок хлебобулочных изделий на сегодняшний день, большее предпочтение потребитель отдает мелкоштучным, в т. ч. и слоеным изделиям. Они могут быть приготовлены как из дрожжевого, так и бездрожжевого теста, отличительной особенностью которых является большое содержание жира и слоистая структура [4, 5].

Технология производства слоеных изделий позволила занять им одну из лидирующих позиции на рынке. Благодаря длительному сроку хранения, химический состав слоеных изделий не сбалансирован. Поэтому одной из актуальных задач хлебопекарной и кондитерской промышленности является разработка и выпуск новых видов сбалансированных пищевых продуктов. Ввиду этого у производителей растет интерес к использованию нетрадиционных видов растительного сырья. Актуальным решением проблемы дефицита полезных нутриентов в технологии продуктов, питания из рафинированного сырья, является внесение в традиционную рецептуру изделия различных обогатителей. Основная цель обогащения изделий – сохранение или повышение пищевой ценности отдельных продуктов питания в рационе населения. Использование продуктов переработки зерновых культур нашло широкое применение в кондитерской и хлебопекарной отрасли, с целью обогащения мучных изделий полезными для здоровья питательными веществами. К таким продуктам относятся рисовая, кукурузная, ячменная, овсяная, гречневая, тритикалевая, а также полбяная мука [6–8].

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют о том, что использование цельносмолотой полбяной муки при производстве хлеба и макаронных изделий позволяет повысить пищевую ценность за счет увеличения содержания белков, жиров, углеводов, пищевых волокон. Цельносмолотая полбяная мука превосходит пшеничную по своему химическому составу [9, 10]. Полбяная мука богата не только большим содержанием пищевых волокон, но и минеральными веществами, в т. ч. цинком, натрием, кальцием, железом и витаминами группы В. Богатый химический состав полбы позволяет использовать ее в качестве альтернативного сырья для получения продуктов с улучшенными характеристиками, в частности с повышенной пищевой ценностью [11, 12]. Практическое применение полбяная мука нашла в области производства мучных кондитерских изделий. Разработали технологию добавления полбяной муки взамен пшеничной муки в базовую рецептуру сдобного печенья. Проведенные исследования показали, что внесение полбяной муки в количестве до 40 % взамен пшеничной приводят к улучшению органолептических показателей готового продукта [13]. Существует технология производства сахарного печенья, в котором добавляли полбяную муку в рецептуру, доказав целесообразность ее применения [14]. Проведены исследования влияния полбяной муки на качество кексов [15]. Авторы выявили повышение пищевой ценности готового продукта, вместе с тем органолептические показатели соответствовали нормативно-технической документации. Разработали технологию практического применения использования полбяной муки при приготовлении песочного теста [16].

Однако в результате изучения различных разработок исследования в области использования полбяной муки в производстве слоеных изделий выявлено не было, что свидетельствует о целесообразности рассмотрения данного научно-практического подхода в сфере обогащения продуктов питания, произведенных из рафинированного сырья, источниками повышающую пищевую ценность [3, 6, 9].

Зарубежные исследования посвящены выявлению фальсификации полбяной муки и изделий из нее, полногеномному маркерному анализу сортов мягкой пшеницы и полбы, наличию микотоксинов в зерне полбы и мягкой пшеницы и в продуктах их переработки, различии в протеоме муки из полбы и пшеницы, генетической изменчивости глиадинов и некоторых качественных характеристик полбы, влиянию стресса засухи на *Triticum spelta* L., на структурные и функциональные характеристики полбы, изменчивости белка зерна полбы, специфичным для полбы белках глютенина HMW европейской полбы (*Triticum spelta* L), и др. [16–27].

Цель исследования заключалась в разработке технологии слоеных изделий с использованием цельносмолотой полбяной муки для повышения пищевой ценности готового продукта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись изделия из слоеного теста и муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с применением нетрадиционного вида сырья – цельносмолотой полбяной муки. При изучении технологических свойств сырья, полуфабрикатов и качества готовых изделий, были использованы общепринятые органолептические и физико-химические методы исследований.

В качестве основного сырья использовали муку пшеничную высшего сорта (ГОСТ 26574-2017) и цельносмолотую полбяную муку (ТУ 10.61.20–001–32916290). В лабораторных условиях исследовали следующие физико-химические показатели: влажность, кислотность, количество и качество клейковины, число падения. Анализ готовых слоеных изделий производили в соответствии с требованиями ГОСТ 9511-80.

Органолептические и физико-химические показатели качества цельносмолотой полбяной и муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта представлены в таблице 1.

Качество хлебопекарных дрожжей соответствовало ГОСТ Р 54731-2011. Качество маргарина, использу-

Таблица 1. Органолептические и физико-химические показатели качества муки

Table 1. Whole-grain spelt flour vs. premium grade wheat flour: sensory and physicochemical quality indicators

Наименование показателя	Вид муки	
	Цельносмолотая полбяная	Пшеничная хлебопекарная высшего сорта
Массовая доля влаги, %	14,5 ± 0,5	14,0 ± 0,5
Белизна, ед. пр. РЗ-БПЛ	1,3 ± 0,5	54,0 ± 0,5
Массовая доля золы, %	2,02 ± 0,05	0,54 ± 0,05
Массовая доля сырой клейковины, %	29,2 ± 0,5	28,0 ± 0,5
Качество сырой клейковины, ед. ИДК	79,0 ± 1,0	65,0 ± 1,0
Кислотность, град.	4,0 ± 0,2	3,8 ± 0,2
Число падения, с.	430,0 ± 1,0	313,0 ± 1,0
Цвет	Белый цвет с сероватым оттенком	Белый цвет с кремовым оттенком
Вкус	Без постороннего привкуса	Без постороннего привкуса
Запах	Без посторонних запахов	Без посторонних запахов
Наличие минеральной примеси	Не имеется	Не имеется
Металломагнитная примесь	Не допускается	Не допускается
Зараженность вредителями	Не допускается	Не допускается
Загрязненность вредителями	Не допускается	Не допускается

емого при слоении теста или добавления его в рецептуру, соответствовало ГОСТ 32188-2013, соль пищевая Экстра – ГОСТ Р 51574-2018, сахар белый – ГОСТ 33222-2015, яйца куриные – ГОСТ 31654-2012, лимонная кислота – ГОСТ 908-2004, вода питьевая – санитарным правилам и нормам СанПиН 2.1.4.1074-01.

Результаты и их обсуждение

При производстве хлебобулочных изделий пшеничная мука является основным видом сырья. В большинстве случаев используется мука пшеничная высшего или первого сорта, отвечающая требованиям ГОСТ 26574-2017.

Технология производства слоеных изделий предусматривает прослаивание пластов теста жировыми компонентами и использование муки с сильной клейковиной не менее 30 %. Количество клейковины влияет не только на упругость и объем готового изделия, но и на результат процесса раскатки теста, т. е. на разрывы при многократной прокатке [11]. Мука пшеничная высшего сорта является рафинированным сырьем, что обуславливает ее низкую пищевую ценность в сравнении с полбяной мукой.

Полба содержит практически все питательные вещества в сбалансированном составе – не только в оболочке зерна, а равномерно по всей зерновке. Это означает, что она сохраняет питательную ценность даже при самом грубом помоле. Однако, исходя из проведенных исследований, при переработке зерна полбы возможно получить только муку 2 сорта. Сравнительный анализ химического состава цельносмолотой полбяной муки и пшеничной муки высшего сорта представлен в таблице 2.

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что химический состав цельносмолотой полбяной муки позволяет использовать ее в качестве ценного локального нетрадиционного сырья в кондитерской и хлебопекарной промышленности. Сбалансированный химический состав цельносмолотой полбяной муки по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта, дает основание для применения ее в технологии обогащенных изделий из слоеного теста с частичной заменой основного сырья.

Технология выработки слоеного теста и слоеных изделий с использованием цельносмолотой полбяной муки в качестве обогатителя пищевой ценности изделий не нашло широкого применения. Многие хлебопекарные предприятия, занимающиеся производством слоеных изделий, работают по старым технологиям без учета новых методов и приемов, в том числе не используют новые виды сырья.

За основу исследований были взяты стандартные рецептуры, представленные в таблицах 3 и 4. Замес теста, слоение и выпечка слоеных изделий производились в лабораторных условиях. Приготовление опытных образцов бездрожжевого теста из смеси пшеничной муки высшего сорта и цельносмолотой полбяной муки, а также контрольного образца из пшеничной муки, производилось согласно рецептуре, представленной в таблице 3.

Приготовление бездрожжевого слоеного теста и изделий из него, производили согласно технологии из сборника технологических инструкций [13]. Замес бездрожжевого теста изготовляли в лабораторной тестомесильной машине. Соль и сахар вносили в тесто в виде раствора. Процесс релаксации осуществлялся в расстоечном шкафу при температуре 25 ± 2 °С. Раскатка и слоение теста маргарином, осуществлялось в лабораторных условиях. Выпечка производилась в лабораторной печи при температуре 220 °С в течение 35 мин.

Таблица 2. Сравнительный анализ химического состава муки

Table 2. Whole-grain spelt flour vs. premium grade wheat flour: chemical composition

Нутриент, г/100 г сухого вещества	Вид муки	
	Пшеничная хлебопекарная высшего сорта	Цельносмолотая полбяная
Белки, г	10,8 ± 0,5	10,9 ± 0,5
Жиры, г	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Углеводы, г	69,9 ± 0,5	73,3 ± 0,5
Пищевые волокна, г	3,5 ± 0,1	4,9 ± 0,1
Витамины:		
Витамин B4, холин, мг	52,0 ± 0,5	220,0 ± 0,5
Витамин B6, пиридоксин, мг	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,01
Витамин H, биотин, мкг	2,0 ± 0,1	0,2 ± 0,1
β-каротин, мг	–	0,1 ± 0,01
Макроэлементы, мкг:		
Калий, K	122,0 ± 1,0	240,0 ± 1,0
Кальций, Ca	18,0 ± 0,5	176,0 ± 0,5
Магний, Mg	16,0 ± 0,5	140,0 ± 0,5
Фосфор, P	86,0 ± 1,0	376,0 ± 1,0
Микроэлементы:		
Железо, Fe, мг	1,2 ± 0,01	4568,0 ± 0,01
Марганец, Mn, мг	0,6 ± 0,01	5948,0 ± 0,01
Медь, Cu, мкг	100,0 ± 1,0	627,0 ± 1,0
Усвояемые углеводы, г:		
Крахмал и декстрины	67,9 ± 1,0	68,9 ± 1,0
Моносахариды	1,0 ± 0,01	4,4 ± 0,01

Таблица 3. Рецептура контрольного и опытных образцов бездрожжевого слоеного теста

Table 3. Fortified yeast-free puff pastries vs. control: formulation details

Рецептурные компоненты	Контроль (100 % пшеничной муки)	Опытные образцы (количество цельносмолотой полбяной муки, % к массе пшеничной муки)		
		Образец № 1 (30 %)	Образец № 2 (40 %)	Образец № 3 (50 %)
Приготовление бездрожжевого теста				
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	300	210	180	150
Полбяная мука цельнозерновая	–	90	120	150
Соль, 1,5 %	4,5	4,5	4,5	4,5
Яйца, 15 %	45	45	45	45
Лимонная кислота, 0,5%	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода, 56 %	170	170	170	170
Приготовление жиромучной смеси				
Маргарин с массовой долей жира 82 % для слоения, 66 %	198	198	198	198
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, 10 %	19,8	19,8	19,8	19,8

Приготовление опытных образцов дрожжевого теста из смеси пшеничной муки высшего сорта и цельносмолотой полбяной муки, а также контрольного образца из пшеничной муки, производилось согласно рецептуре, приведенной в таблице 4.

Замес теста производили безопарным способом. При замесе теста опарным способом наблюдали деформацию и разрыв тестовых заготовок при расстойке и выпечке образцов. Была проведена серия пробных лабораторных выпечек для получения данных о влиянии количества цельносмолотой полбяной муки на качество слоеных изделий (дрожжевых и бездрожжевых).

Серия пробных лабораторных выпечек проводилась для получения данных о влиянии дозировки полбяной

Таблица 4. Рецептура приготовления контрольного и опытных образцов дрожжевого слоеного теста

Table 4. Fortified yeast puff pastries vs. control: formulation details

Рецептурные компоненты	Контроль (100 % пшеничной муки)	Опытные образцы (количество цельносмолотой полбяной муки, % к массе пшеничной муки)		
		Образец № 1 (30 %)	Образец № 2 (40 %)	Образец № 1 (30 %)
Приготовление дрожжевого теста				
Мука пшеничная высшего сорта	300	210	180	150
Полбяная мука цельнозерновая	—	90	120	150
Дрожжи прессованные, 5 %	15	15	15	15
Соль, 1,8 %	5,4	5,4	5,4	5,4
Яйца, 15 %	45	45	45	45
Сахар, 10 %	30	30	30	30
Маргарин, 5 %	15	15	15	15
Вода, 45 %	135	135	135	135
Приготовление жиромучной смеси				
Маргарин с массовой долей жира 82 % для слоения, 45 %	135	135	135	135
Мука пшеничная высшего сорта, 7 %	9,45	9,45	9,45	9,45

муки на слоистость, подъемную силу и качество бездрожжевого и дрожжевого слоеного теста, а также готовых изделий из них. В стандартную рецептуру вносили разную дозировку полбяной муки в количестве 30, 40 и 50 % от общей массы муки.

Контрольный образец бездрожжевого слоеного изделия из пшеничной муки высшего сорта и опытные образцы, приготовленные с разным соотношением пшеничной муки высшего сорта и цельносмолотой полбяной муки, представлены на рисунках 1–4.

Образец № 1 с содержанием полбяной муки 30 % имеет более выраженную слоистость, пропеченные слои отделяются друг от друга, имеется хрустящая корка и хруст при разламывании; без постороннего привкуса и запаха; при выпечке тестовая заготовка поднялась в два раза; при раскатывании и формовании слоеного теста, не наблюдались разрывы теста и вытекание маргарина.

Образец № 2 с содержанием полбяной муки 40 % имеет выраженную слоистость, пропеченные слои, отделяющиеся друг от друга, имеется хрустящая корка и хруст при разламывании; без постороннего привкуса и запаха; при выпечке тестовая заготовка поднялась в два раза, что, возможно, из-за более тонкого раскатывания при формовании изделий.

Образец № 3 с содержанием полбяной муки 50 % имеет менее выраженную слоистость, пропеченные слои с трудностью отделяются друг от друга, не имеется хрустящая корка и хруст при разламывании; без постороннего привкуса и запаха; при выпечке тестовая заготовка не поднялась в два раза.

Контрольный образец дрожжевых слоеных изделий из пшеничной муки высшего сорта и опытные образцы, приготовленные с разным соотношением пшеничной муки высшего сорта и полбяной муки цельносмолотой, представлены на рисунках 5–8.

Образец № 1 с содержанием полбяной муки 30 %, имеет характерную слоистость; слои отделяются друг от друга; имеется хрустящая корка, но не характерный хруст при разламывании, поверхность шероховатая, вкус и запах изделий соответствует наименованию, при выпечке изделие поднялось в два раза. При прокатке теста с маргарином не наблюдались разрывы, что способствовало бы вытеканию масла при раскатывании теста; при выпечке вытекание не наблюдалось. В процессе выпечки, тестовая заготовка поднялась в объеме в 3 раза.

Образец № 2 с содержанием полбяной муки 40 % имеет характерную слоистость; слои не отделяются друг от друга, имеется хрустящая корка, но не характерный хруст при разламывании, поверхность шероховатая, вкус и запах изделий соответствует наименованию, при выпечке изделие поднялось в два раза. При прокатке теста с маргарином не наблюдались разрывы, что способствовало бы вытеканию масла при раскатывании теста, при выпечке вытекание не наблюдалось. В процессе выпечки, тестовая заготовка поднялась в объеме в 2 раза.

Образец № 3 с содержанием полбяной муки 50 % не имеет характерную слоистость, слои не отделяются друг от друга, не имеется хрустящая корка и характерный хруст при разламывании; поверхность шероховатая, вкус и запах изделий соответствует наименованию. При прокатке теста с маргарином наблюдались небольшие разрывы, что способствовало вытеканию масла при раскатывании теста, при выпечке

Рисунок 1. Контрольный образец – бездрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта

Figure 1. Yeast-free puff pastry with premium grade wheat flour: control sample

Рисунок 2. Образец № 1 – бездрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта, с содержанием цельносмолотой полбяной муки 30 %

Figure 2. Yeast-free puff pastry with 30% whole-grain spelt flour: Sample 1

Рисунок 3. Образец № 2 – бездрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта, с содержанием цельносмолотой полбяной муки 40 %

Figure 3. Yeast-free puff pastry with 40% whole-grain spelt flour: Sample 2

Рисунок 4. Образец № 3 – бездрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта, с содержанием цельносмолотой полбяной муки 50 %

Figure 4. Yeast-free puff pastry with 50% whole-grain spelt flour: Sample 3

Рисунок 5. Контрольный образец – дрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта

Figure 5. Yeast puff pastry with premium grade wheat flour: control sample

Рисунок 6. Образец № 1 – дрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта, с содержанием цельносмолотой полбяной муки 30 %

Figure 6. Yeast puff pastry with 30% whole-grain spelt flour: Sample 1

Рисунок 7. Образец № 2 – дрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта, с содержанием цельносмолотой полбяной муки 40 %

Figure 7. Yeast puff pastry with 40% whole-grain spelt flour: Sample 2

Рисунок 8. Образец № 3 – дрожжевое слоеное изделие из пшеничной муки высшего сорта, с содержанием цельносмолотой полбяной муки 50 %

Figure 8. Yeast puff pastry with 50% whole-grain spelt flour: Sample 3

вытекание не наблюдалось. Таким образом, при замесе теста, необходимо использовать ферментные препараты, для улучшения качества клейковины. В процессе выпечки, тестовая заготовка поднялась в 2 раза.

На следующем этапе исследований провели оценку органолептических показателей полученных бездрожжевых и дрожжевых слоеных изделий согласно ГОСТ 9511-80. Результаты представлены в таблицах 5 и 6.

Результаты, приведенные в таблице 5, показывают, что органолептические показатели контрольного образца бездрожжевого слоеного изделия соответствуют действующему ГОСТу. Опытный образец, с добавлением полбяной муки в количестве 30 % имеет показатели, соответствующие ГОСТ: форма не расплывчатая; поверхность отделана яйцом; хорошо пропеченный с легко отделимыми друг от друга слоями; без постороннего вкуса и запаха.

Полученные результаты (таблица 6) свидетельствуют о том, что показатели контрольного образца дрожжевого слоеного изделия соответствуют ГОСТу. Слои легко отделяются друг от друга. Однако контрольный образец имеет меньший объем. Опытный образец, с добавлением полбяной муки в количестве 30 % имеет следующие показатели, соответствующие ГОСТ: форма не расплывчатая; поверхность отделана яйцом; цвет светло-коричневый; с легко отделимыми друг от друга слоями; без постороннего вкуса и запаха.

Определили физико-химические показатели опытных образцов, установив оптимальную дозировку применения цельносмолотой полбяной муки при производстве слоеных изделий, которая составила 30 %. Исследуемые образцы соответствовали показателям качества ГОСТ 9511-80. Результаты физико-химических показателей качества слоеных изделий из дрожжевого и бездрожжевого теста производились согласно ГОСТ 9511-80, результаты представлены в таблице 7.

В ходе исследования готовых слоеных изделий были проведены расчеты химического состава и энергетической ценности в 100 г готового продукта. Результаты представлены в виде диаграмм (рис. 11–16).

Таблица 5. Органолептическая оценка бездрожжевых слоеных изделий

Table 5. Yeast-free puff pastry samples: sensory assessment

Наименование показателей	Характеристика		
	по ГОСТ 56631-2015	Контроль	Опытный образец
Форма	Не расплывчатая	Не расплывчатая	Не расплывчатая
Поверхность	С отделкой или без отделки	Отделка яйцом	Отделка яйцом
Цвет	От светло-коричневого до коричневого	Светло-коричневая,	Светло-коричневая
Состояние мякиша:			
Пропеченность	Хорошо пропеченный	Хорошо пропеченный	Хорошо пропеченный
Промес	Без непромесов и комочков	Без непромесов и комочков	Без непромесов и комочков
Слоистость	С легко отделимыми слоями	С легко отделимыми слоями	С легко отделимыми слоями
Вкус	Без постороннего привкуса	Без постороннего привкуса	Без постороннего привкуса
Запах	Без постороннего запаха	Без постороннего запаха	Без постороннего запаха

Таблица 6. Органолептическая оценка дрожжевых слоеных изделий

Table 6. Yeast puff pastry samples: sensory assessment

Наименование показателей	Характеристика		
	по ГОСТ 56631-2015	Контроль	Опытный образец
Форма	Не расплывчатая	Не расплывчатая	Расплывчатая
Поверхность	С отделкой или без отделки	Отделка яйцом	Отделка яйцом
Цвет	От светло-коричневого до коричневого	Светло-коричневая	Светло-коричневая
Состояние мякиша:			
Пропеченность	Хорошо пропеченный, без уплотнений	Хорошо пропеченный	Хорошо пропеченный
Промес	Без непромесов и комочков	Без непромесов и комочков	Без непромесов и комочков
Слоистость	С легко отделимыми слоями	С легко отделимыми слоями	С легко отделимыми слоями
Вкус	Без постороннего привкуса	Без постороннего привкуса	Без постороннего привкуса
Запах	Без постороннего запаха	Без постороннего запаха	Без постороннего запаха

Пищевые ценности, представленные на рисунках 11–16, показывают, что содержание макро- и микронутриентов обогащенных слоеных изделий, в сравнении с контрольными образцами, значительно выше по углеводам, пищевым волокнам и минеральным веществам.

На основании проведенных исследований было установлено, что слоеные изделия с цельносмолотой полбяной мукой соответствуют показателям, установленным ГОСТ 9511-80, а также их можно отнести к обогащенным изделиям.

Таблица 7. Результаты физико-химической оценки дрожжевых и бездрожжевых слоеных изделий с содержанием цельносмолотой полбяной муки 30 %

Table 7. Yeast vs. yeast-free puff pastries with 30% whole-grain spelt flour: physicochemical analysis

Наименование показателей	Контрольный образец	Дрожжевые слоеные изделия с содержанием цельносмолотой полбяной муки 30 %	Бездрожжевые слоеные изделия с содержанием цельносмолотой полбяной муки 30 %
Влажность мякиша, %	29,0	31,0	29,0
Кислотность мякиша, град.	1,95	2,02	2,14

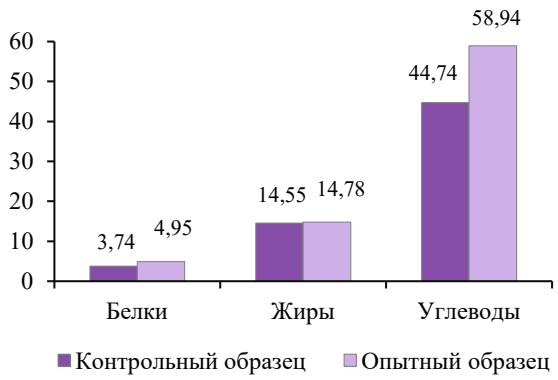

Рисунок 11. Содержание белков, жиров и углеводов в обогащенных (30 % полбяной муки) и контрольного образцов дрожжевых слоеных изделий

Figure 11. Yeast puff pastries with 30% whole-grain spelt flour vs. control: proteins, fats, and carbohydrates

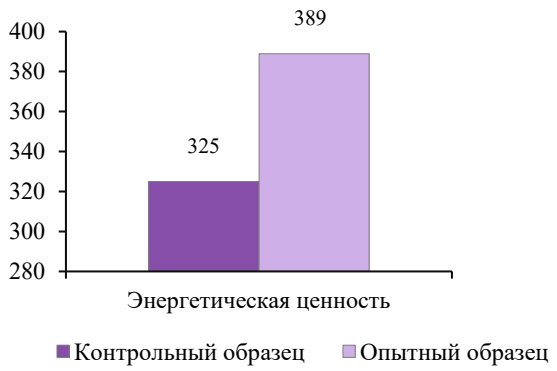

Рисунок 13. Энергетическая ценность обогащенных (30 % полбяной муки) и контрольного образцов дрожжевых слоеных изделий

Figure 13. Yeast puff pastries with 30% whole-grain spelt flour vs. control: energy value

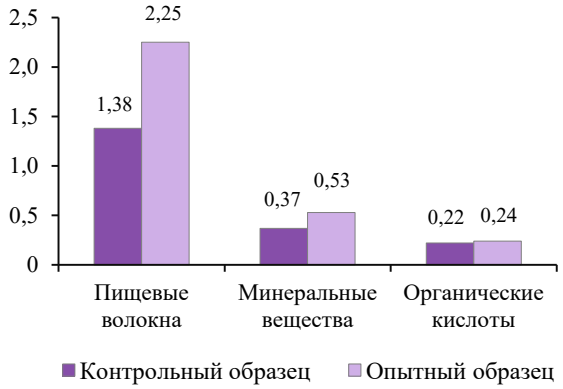

Рисунок 12. Содержание пищевых волокон, минеральных веществ и органических кислот в обогащенных (30 % полбяной муки) и контрольном образцах дрожжевых слоеных изделий

Figure 12. Yeast puff pastries with 30% whole-grain spelt flour vs. control: dietary fiber, minerals, and organic acids

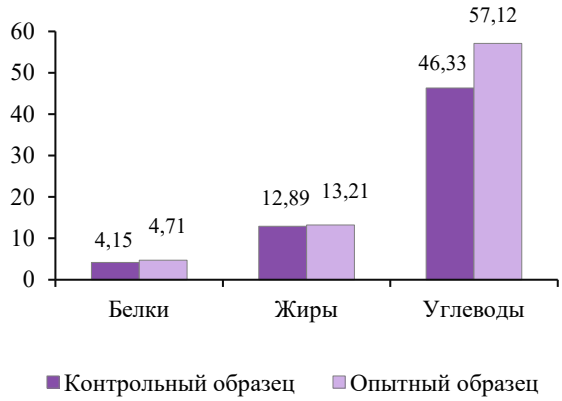

Рисунок 14. Содержание белков, жиров и углеводов в обогащенных (30 % полбяной муки) и контрольном образцах бездрожжевых слоеных изделий

Figure 14. Yeast-free puff pastries with 30% whole-grain spelt flour vs. control: proteins, fats, and carbohydrates

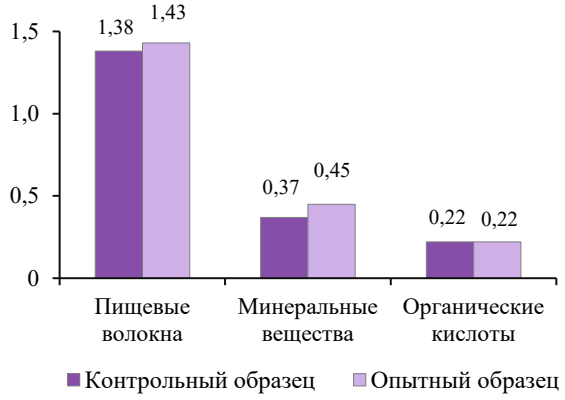

Рисунок 15. Содержание пищевых волокон, минеральных веществ и органических кислот в обогащенных и контрольном образцах (30 % полбяной муки) бездрожжевых слоеных изделий

Figure 15. Yeast-free puff pastries with 30% whole-grain spelt flour vs. control: dietary fiber, minerals, and organic acids

Рисунок 16. Энергетическая ценность обогащенных (30 % полбяной муки) и контрольного образцов бездрожжевых слоеных изделий

Figure 16. Yeast-free puff pastries with 30% whole-grain spelt flour vs. control: energy value

Выводы

На основании проведенных исследований разработали рецептуру производства слоеных мучных изделий повышенной пищевой ценности с использованием цельносмолотой полбяной муки. Установили оптимальную дозировку полбяной муки в тесте из хлебопекарной пшеничной муки высшего сорта для выпечки мучных слоеных изделий, которая составила 30 % от общей массы муки. Выявлено, что замена 30 % пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта на цельносмолотую полбяную муку позволяет получать слоеные изделия не только высокого качества, но способствует обогащению изделия необходимыми макро- и микронутриентами, пищевыми волокнами и минеральными веществами для поддержания важных физиологических функций человека. Проведенный расчет химического состава показал, что добавление 30 % полбяной цельносмолотой муки в рецептуру дрожжевых слоеных изделий в замен 30 % пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта увеличивает содержание белка на 32,3 %, углеводов – на 31,7 %, пищевых волокон – на 63,0 %, минеральных веществ – на 43,2 %, увеличение жира происходит незначительно – на 1,6 %. При замене 30 % пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта полбяной цельносмолотой муки в рецептуре бездрожжевых слоеных изделий увеличивается содержание белка на 13,5 %, углеводов – на 23,3 %, пищевых волокон – на 3,6 %, минеральных веществ – на 21,6 %, увеличение жира происходит незначительно – на 2,5 %.

Определили, что применение цельносмолотой полбяной муки позволит расширить существующий ассортимент обогащенных слоеных изделий, при этом бездрожжевые слоеные изделия имеют более высокие потребительские характеристики по сравнению с дрожжевыми.

Критерии авторства

Авторы в равной степени принимали участие в проведении исследований и подготовке рукописи статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

The authors were equally involved in the research and preparation of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Khmeleva EV, Kandrokov RKh, Korolev DN, Penkova YuV. Baking properties of spelled flour. Bread products. 2018;11:44–47. (In Russ.). https://doi.org/10.32462/0235-2508-2018-0-11-44-47; https://www.elibrary.ru/YLSILJ

2. Rumyantseva VV, Yurchenko TI. Study of the influence of spelled flour on changes in the technological properties of wheat flour in the production of waffle dough. Technology and commodity science of innovative food products. 2022;6(77):12–17. (In Russ.). https://doi.org/10.33979/2219-8466-2022-77-6-12-16; https://www.elibrary.ru/NPCJSK

3. Kandrokov RKh, Balova ER. The influence of hydrothermal treatment on the yield and quality of spelled flour. Agrarian Bulletin of the Urals. 2018;(2):11. (In Russ.). [Кандроков Р. Х., Балова Е. Р. Влияние гидротермической обработки на выход и качество полбяной муки // Аграрный вестник Урала. 2018. № 2. С. 11.]. https://www.elibrary.ru/XRRIAH

4. Korolev DN, Khmeleva EV, Penkova YuV. Development of technology for wheat bread using spelled flour. Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking. 2019;26:57–64. (In Russ.). [Королев Д. Н., Хмелева Е. В., Пенькова Ю. В. Разработка технологии пшеничного хлеба с использованием полбяной муки // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019. Т. 26. С. 57–64.]. https://www.elibrary.ru/TUXVOR

5. Dolgikh VV. The use of whole grain spelled flour in combination with lupine, flax and Jerusalem artichoke flour for the production of functional protein-spelt breads. Bread products. 2020;(8):41–45. (In Russ.). https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-8-41-45; https://www.elibrary.ru/SQBPFS

6. Fazullina OF, Ponomareva SM, Smirnov SO, Semenova LI. Selenium content in spelt, buckwheat, and vegetable pasta. Food Processing:Techniques and Technology. 2020;50(2):242–251. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251

7. Kandrokov RKh. Effects of triticale flour on the quality of honey cookies. Foods and Raw Materials. 2023;11(2):215–222. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2023-2-568

8. Magomedov GO, Lobosova LA, Malyutina TN, Rozhkov SA. Cupcakes with New Functional Ingredients for the Nutrition of Primary School Children. Storage and Processing of Farm Products. 2020;(2):112–122. (In Russ.) https://doi.org/10.36107/spfp.2020.249; https://www.elibrary.ru/GIWRUZ

9. Belyavskaya IG, Vrzhesinskaya OA, Kodentsova VM, Shatnyuk LN. Nutritional value of bakery products from spelt flour enriched with vitamins, ferrum and calcium. Bread products. 2020;(2):54–57. (In Russ.). https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-2-54-57; https://www.elibrary.ru/WNPGCM

10. Khmeleva EV. Spelt Grain Use in the Technology of Grain Bread of Increased Nutritional Value. Food Industry. 2023.8(1):64–73. (In Russ.). https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-1-7; https://www.elibrary.ru/KCGGFW

11. Sanzharovskaya NS, Romanenko DV, Rzaeva MMK. The expediency of using spelt flour and beet fibers in the technology of flour confectionery. Polzunovskiy Vestnik. 2022;(3):28–36. (In Russ.). https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.004; https://www.elibrary.ru/UHEJXK

12. Sanzharovskaya NS, Romanova NN, Khrapko OP. Spelt flour in flour confectionery formulations. Polzunovskiy Vestnik. 2020;(1):41–45. (In Russ.). https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.01.008; https://www.elibrary.ru/BAUMGI

13. Osipova GA, Khmeleva EV, Malchenko TV. Innovative technology for the production of pasta from spelt flour. Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs. 2021;(6):51–56. (In Russ.). https://doi.org/10.33979/2219-8466-2021-71-6-51-56; https://www.elibrary.ru/WKNNLV

14. Astakhov IYu, Kurochkin PP, Ignatov DD. Chemical composition and technological properties of flour spelled // Innovative Machinery and Technology. 2015;1(2):59–62. (In Russ.). [Астахов И. Ю., Курочкин П. П., Игнатов Д. Д. Химический состав и технологические свойства полбяной муки // Инновационная техника и технология]. https://www.elibrary.ru/UAWVLF

15. von Buren M, Stadler M, Luthy Ju. Detection of wheat adulteration of spelt flour and products by PCR. European Food Research and Technology. 2001;212(2):234–239. http://doi.org/10.1007/s002170000230

16. Müller T, Schierscher-Viret B, Fossati D, Brabant C, A Schori, Keller B, *et al.* Unlocking the diversity of genebanks: whole-genome marker analysis of swiss bread wheat and spelt. Theoretical and Applied Genetics TAG. 2018;131:407–416. https://doi.org/10.1007/s00122-017-3010-5

17. Schober TJ, Kuhn M. Capillary zone electrophoresis for gliadin separation: applications in a spelt breeding program. European Food Research and Technology. 2003.217:350–359. https://doi.org/10.1007/s00217-003-0740-1

18. Sun Q, Wei Y, Ni Z, Xie C, Yang T. Microsatellite marker for yellow rust resistance gene *Yr5* in wheat introgressed from spelt wheat. Plant Breeding. 2002;121(6):539–541. https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2002.00754.x

19. Afzal M, Pfannstiel J, Zimmermann J, Bischoff SC, Würschum T, Friedrich C, *et al.* High-resolution proteomics reveals differences in the proteome of spelt and bread wheat flour representing targets for research on wheat sensitivities. Scientific Reports. 2020;10:14677. https://doi.org/10.1038/s41598-020-71712-5

20. Weckx S, Allemeersch J, Van der Meulen R, Vrancken G, Huys G, Vandamme P. Metatranscriptome analysis for insight into whole-ecosystem gene expression during spontaneous wheat and spelt sourdough fermentations. Applied and Environmental Microbiology. 2011;77(2):618–626. http://doi.org/10.1128/AEM.02028-10

21. Mankevičiene A, Jablonskyte-Rašče D, Maikšteniene S. Occurrence of mycotoxins in spelt and common wheat grain and their products. Food Additives and Contaminants: Part A. 2014;31(1):132–138. https://doi.org/10.1080/19440049.2013.861614

22. Desheva G, Kyosev B, Sabeva M, Deshev M. Genetic variation of gliadins and some quality characteristics in spelt wheat. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2021;27(3):541–554.

23. Afzal M, Pfannstiel J, Zimmermann J, Bischoff SC, Würschum T, Longin CFH. High-resolution proteomics reveals differences in the proteome of spelt and bread wheat flour representing targets for research on wheat sensitivities. Scientific Reports. 2020;10:14677. https://doi.org/10.1038/s41598-020-71712-5

24. Kosakivska IV, Vasyuk VA, Babenko LM, Voytenko LV. Drought stress effects on *Triticum spelta* l. structural and functional characteristics. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 2018;14(1):12–18.

25. Cole EW, Fullington JG, Kasarda DD. Grain protein variability among species of *Triticum* and *Aegilops*: quantitative SDS-PAGE studies. Theoretical and Applied Genetics. 1981;60:17–30. http://doi.org/10.1007/BF00275173

26. Onishi I, Hongo A, Sasakuma T, Kawahara T, Kato K, Miura H. Variation and segregation for rachis fragility in spelt wheat, *Triticum spelta* L. Genetic Resources and Crop Evolution. 2006;53:985–992. http://doi.org/10.1007/s10722-004-7068-y

27. Blatter RHE, Jacomet S, Schlumbaum A. Spelt-specific alleles in hmw glutenin genes from modern and historical european spelt (*Triticum spelta* L.). Theoretical and Applied Genetics. 2002;104:329–337. https://doi.org/10.1007/s001220100680