Научная статья/Research Article
УДК 51-74; 664.681
DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-290-302

Юлия Юрьевна Печникова[1], **Роман Хажсетович Кандроков**[2✉], **Дмитрий Игоревич Быстров**[3]
[1,2,3]Российский биотехнологический университет, Москва, Россия
[1]usanovayy@mgupp.ru
[2]nart132007@mail.ru
[3]bystrovdi@mgupp.ru

ВЛИЯНИЕ ДОЗИРОВКИ ЛЮПИНОВОЙ МУКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ХЛЕБА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ВЫСШЕГО СОРТА

К перспективным объектам разработки новых продуктов питания относятся хлеб и хлебобулочные изделия, являющиеся продуктами массового потребления, доступными для всех групп населения. Расширение ассортимента хлеба за счет производства изделий с повышенной пищевой ценностью – это актуальное направление в пищевой промышленности, направленное на профилактику развития алиментарно-зависимых заболеваний. Наибольшим спросом среди потребителей пользуются хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта, а одним из самых востребованных пищевых ингредиентов являются продукты переработки различных бобовых культур, в т. ч. и люпина. Цель исследования – изучение влияния дозировки люпиновой муки на показатели качества и повышение пищевой ценности хлеба из пшеничной муки высшего сорта. Для проведения исследований в качестве сырья были выбраны различные смеси пшеничной и люпиновой муки, а также образцы готовых изделий из них. Разработана рецептура формового пшеничного хлеба с добавлением люпиновой муки. Установлено, что добавление люпиновой муки в количестве от 10 до 50 % к массе пшеничной муки высшего сорта ухудшало показатели качества хлеба. Выявлено, что наилучший показатель по качеству хлебобулочного изделия (удельному объему, пористости) имеют образцы хлеба при внесении люпиновой муки в количестве 2 % от массы пшеничной муки высшего сорта. При этом удельный объем хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки составил 3,45 см^3/г, а пористость – 81 %. Установлено, что биологическая ценность белковой составляющей пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки выше на 4 % по сравнению с контрольным образцом.

Ключевые слова: *люпиновая мука, пшеничный хлеб, пищевая ценность, удельный объем, пористость.*

Для цитирования*: Печникова Ю.Ю., Кандроков Р.Х., Быстров Д.И.* Влияние дозировки люпиновой муки на показатели качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 290–302. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-290-302.

Yulia Yurievna Pechnikova[1], **Roman Khazhsetovich Kandrokov**[2✉], **Dmitry Igorevich Bystrov**[3]
[1,2,3]Russian Biotechnological University, Moscow, Russia
[1]usanovayy@mgupp.ru
[2]nart132007@mail.ru
[3]bystrovdi@mgupp.ru

© Печникова Ю.Ю., Кандроков Р.Х., Быстров Д.И., 2023
Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 290–302.
Bulliten KrasSAU. 2023;(12):290–302.

THE INFLUENCE OF THE LUPINE FLOUR DOSAGE ON THE QUALITY INDICATORS OF BREAD MADE FROM PREMIUM WHEAT FLOUR

Promising objects for the development of new food products include bread and bakery products, which are products of mass consumption, accessible to all groups of the population. Expanding the range of bread through the production of products with increased nutritional value is a current trend in the food industry, aimed at preventing the development of nutrition-related diseases. The greatest demand among consumers is for bakery products made from premium wheat flour, and one of the most popular food ingredients are processed products of various legumes, including lupine as well. The purpose of research is to study the effect of the dosage of lupine flour on quality indicators and increasing the nutritional value of bread made from premium wheat flour. To conduct research, various mixtures of wheat and lupine flour were selected as raw materials, as well as samples of finished products made from them. A recipe for molded wheat bread with the addition of lupine flour has been developed. It was established that the addition of lupine flour in an amount of 10 to 50 % to the mass of premium wheat flour worsened the quality of bread. It was revealed that the best indicator for the quality of baked goods (specific volume, porosity) is found in bread samples when adding lupine flour in an amount of 2 % by weight of premium wheat flour. At the same time, the specific volume of bread with the addition of 2 % lupine flour was 3.45 cm^3/g, and the porosity was 81 %. It was established that the biological value of the protein component of wheat bread with the addition of 2 % lupine flour is 4 % higher compared to the control sample.

***Keywords**: lupine flour, wheat bread, nutritional value, specific volume, porosity*

***For citation:** Pechnikova Yu.Yu., Kandrokov R.K., Bystrov D.I.* The influence of the lupine flour dosage on the quality indicators of bread made from premium wheat flour // Bulliten KrasSAU. 2023;(12): 290–302. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-290-302.

Введение. В связи с ухудшением экологии и стремительно меняющимися условиями жизни современного человека, а также в соответствии с планами реализации федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» и Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р) основной задачей пищевой промышленности является снабжение населения страны продуктами с высоким содержанием белков, витаминов, пищевых волокон, биологически активных веществ, а также минеральных компонентов [1].

Питание играет огромную роль в профилактике алиментарно-зависимых заболеваний, питательные вещества обеспечивают организм энергией, создают необходимые условия для физической и умственной работоспособности, поддерживают здоровье, активность и продолжительность жизни человека [2]. Мониторинговые исследования питания показали, что в Российской Федерации население получает недостаточное количество питательных веществ, что определяет целесообразность разработки подходов к формированию продуктов с повышенной пищевой ценностью [3], а именно обогащенных дополнительными ингредиентами в зависимости от цели их применения.

Хлеб и хлебобулочные изделия являются основными продуктами питания, особо популярны изделия из пшеничной муки высшего сорта. Обогащение хлеба и хлебобулочных изделий ингредиентами натурального растительного происхождения позволит получить продукты, предупреждающие развитие алиментарно-зависимых заболеваний [4]. Особенно актуально использование широкого разнообразия нетрадиционных видов растительного сырья, поскольку в результате исследований была установлена безопасность и лучшая усвояемость добавок органического происхождения, к тому же потребители заинтересованы в продукции здорового питания. К одним из самых востребованных и наиболее широко применяемых пищевых ингредиентов относятся продукты переработки различных бобовых культур, в т. ч. и люпина [5–15].

В этой связи для проведения исследований в качестве сырья были выбраны различные смеси пшеничной и люпиновой муки, а также образцы готовых изделий из них.

Цель исследования – изучение влияния дозировки люпиновой муки на показатели качества, повышение пищевой ценности хлеба из пшеничной муки высшего сорта.

Задачи: разработать рецептуру и параметры приготовления теста для пшеничного хлеба и пшенично-люпинового хлеба различного соотношения; провести лабораторные выпечки пшеничного хлеба и пшенично-люпинового хлеба различного соотношения; определить физико-химические показатели качества хлеба из пшеничной и пшенично-люпиновой муки различного соотношения; произвести расчет биологической ценности пшеничного хлеба (контрольный образец) и пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки.

Объекты и методы. Для проведения исследований в качестве объектов были выбраны люпиновая мука и образцы готовых изделий. В качестве сырья для выпечки использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (ГОСТ 26574-2017); муку из люпина белого (ТУ 10.91.10-21460444 «Концентрат белковый белого люпина. Технические условия»); дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011); соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018); воду питьевую (СанПиН 2.1.3684-2021). Лабораторные выпечки и исследования проводили в лабораториях кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий Российского биотехнологического университета (РОСБИОТЕХ).

Органолептические показатели дрожжей прессованных хлебопекарных (цвет, вкус, запах, консистенцию) определяли по методам, указанным в ГОСТ Р 54731-2011. Соль пищевую оценивали органолептически в соответствии с ГОСТ Р 51574-2018.

Физико-химические показатели муки анализировали по показателям: массовая доля влаги, количество и качество сырой клейковины (для пшеничной муки), кислотность и число падения. Массовую долю влаги муки определяли с помощью весового влагомера фирмы A&D Co.LTD (Япония) серии ML-50 методом стандартной сушки; количество и качество клейковины – в соответствии с ГОСТ 27839-2013; метод определения кислотности по болтушке соответствовал ГОСТ 27493-87; число падения определяли по ГОСТ 27676-88.

Сырье, используемое при выпечке хлеба, соответствовало требованиям действующей нормативно-технической документации, медико-биологическим требованиям и санитарным нормам качества продовольственного сырья и пищевых продуктов.

При определении физико-химических показателей качества готовых изделий анализировали объем хлеба в соответствии с ГОСТ 27669-88, пористость мякиша – с помощью пробника Журавлева по ГОСТ 5669-96; влажность мякиша – в соответствии с ГОСТ 21094-22 с помощью сушильного шкафа СЭШ-3М; титруемую кислотность определяли ускоренным способом по ГОСТ 5670-96. Удельный объем хлебобулочных изделий рассчитывали путем деления величины объема (см^3) на массу (г).

Структурно-механические свойства мякиша хлеба (общую, упругую и пластическую деформацию мякиша) определяли на приборе «Структурометр СТ-1М» в соответствии с руководством методики.

Формоустойчивость подового хлеба определяли отношением высоты хлеба к его диаметру (H/D) по ГОСТ 27669-88.

Все анализы проводились в трех повторностях. Обработку экспериментальных данных (с доверительной вероятностью 0,95) и расчет пищевой ценности проводили с помощью программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Пшеничное тесто и пшенично-люпиновое тесто для выпечки формового хлеба готовили безопарным однофазным способом. Дрожжи вносили в виде дрожжевой суспензии, соль – в виде солевого раствора. Количество воды определяли расчетным способом исходя из содержания сухих веществ сырья и заданной влажности теста.

Пшенично-люпиновое тесто готовили при различном соотношении пшеничной и люпиновой муки в смесях: 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 и 50:50, а затем в соотношениях 98:2, 96:4, 94:6, 92:8 и 90:10. В качестве контрольного образца выпекали хлеб из пшеничной муки высшего сорта. Рецептура и параметры приготовления теста для пшеничного хлеба и пшеничного хлеба с добавлением люпиновой муки представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Рецептура и параметры приготовления теста для пшеничного хлеба с добавлением люпиновой муки и пшеничного хлеба в количестве 10, 20, 30, 40 и 50 % к массе пшеничной муки

Сырье	Количество сырья, % от общей массы муки по вариантам					
	К	1	2	3	4	5
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	100	90	80	70	60	50
Мука люпиновая	–	10	20	30	40	50
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Соль пищевая	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода питьевая	По расчету, исходя из влажности теста W = 43,5 %					

Таблица 2

Рецептура и параметры приготовления теста для пшеничного хлеба и пшеничного хлеба с добавлением люпиновой муки в количестве 2, 4, 6, 8 и 10 % к массе пшеничной муки

Сырье	Количество сырья, % от общей массы муки по вариантам					
	К	1	2	3	4	5
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	100	98	96	94	92	90
Мука люпиновая	–	2	4	6	8	10
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Соль пищевая	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода питьевая	По расчету, исходя из влажности теста W = 43,5 %					

Замес теста проводили в тестомесильной машине Diosna следующим образом: на первой скорости в течение 2–3 мин, на второй скорости 4–6 мин. Замешанное тесто оставляли на брожение в термостате при температуре 30–32 °С в течение 150 мин, выполняя 2 обминки: первая – через 60 мин после начала брожения, вторая – через 120 мин после начала брожения.

После брожения тесто делили на тестовые заготовки массой 400 г для формового хлеба и 200 г для подового хлеба (для определения показателя формоустойчивости), проводили формование и выкладывали в предварительно смазанные растительным маслом хлебопекарные формы и на хлебопекарные листы, затем тестовые заготовки ставили на окончательную расстойку в расстоечный шкаф Abat ШРТ-8Э при температуре 40 °С и относительной влажности 75–80 %. Готовность тестовых заготовок к выпечке определяли органолептически.

Выпечку проводили в подовой печи Miwe condo при температуре 220 °С в течение 25 мин для формовых изделий и 20 мин для подовых. Готовые изделия охлаждали при температуре (20±3) °С, затем через одинаковый промежуток времени (16–18 ч) проводили оценку качества готовых опытных образцов формового хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям.

При органолептической оценке качества хлеба использовали сенсорный профильно-органный метод. Для оценки эффективности метода и установления различий между контрольными и опытными образцами были изучены органолептические характеристики проб хлеба, приготовленного с различным содержанием вносимого сырья (люпиновой муки). Оценка показателей качества проводилась по 5-балльной шкале.

Были выполнены расчеты пищевой и биологической ценности [16].

Для расчета биологической ценности в первую очередь определили сбалансированность аминокислотного состава белков, для этого рассчитали аминокислотный скор – отношение количества (мг) незаменимой аминокислоты в 1 г белка изделия к количеству (мг) этой аминокислоты в 1 г идеального белка, представленное в процентах [16].

Аминокислотный скор аминокислоты (АКС, %) рассчитан по формуле

$$АКС = \frac{мгАКв1гбелка}{мгАКв1гэталона} \cdot 100. \quad (1)$$

Лимитирующей называют аминокислоту, скор которой менее 100 %. Если лимитирующих аминокислот несколько, то выделяют с наименьшим скором [16].

Коэффициент различия аминокислотного скора (КРАС, %) показывает среднюю величину избытка аминокислотного скора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем скора какой-либо незаменимой аминокислоты, рассчитывается по формуле

$$КРАС = \sum \Delta РАС/n, \quad (2)$$

где $\Delta РАС$ – различие е аминокислотного скора аминокислоты, %; n – количество незаменимых аминокислот.

$$\Delta РАС = АКС_i - АКС_{min}, \quad (3)$$

где $АКС_i$ – скор i-й аминокислоты, %; $АКС_{min}$ – минимальный из скоров незаменимых аминокислот, %.

Биологическую ценность (БЦ, %) белка определяли по формуле

$$БЦ = 100 - КРАС. \quad (4)$$

Для повышения пищевой ценности хлеба в рецептуру добавляли люпиновую муку. Используемый продукт является хорошим источником повышения биологической ценности хлебобулочных изделий. На первом этапе исследований люпиновую муку добавляли в количестве 10, 20, 30, 40 и 50 % от общей массы пшеничной муки высшего сорта. Контрольным образцом служила проба пшеничного хлеба без внесения люпиновой муки.

Полученные экспериментальные данные по влиянию добавления люпиновой муки в количестве 10–50 % к массе пшеничной муки на физико-химические показатели качества хлеба представлены в таблице 3.

Таблица 3

Влияние добавления люпиновой муки в количестве 10–50 % к массе пшеничной муки на физико-химические показатели качества хлеба

Показатель качества	К	1	2	3	4	5
Влажность, %	41,5	38,8	43,1	42,7	45,5	–
Кислотность, град.	3,0	3,7	4,6	5,3	5,9	6,7
Пористость мякиша, %	75	76	69	60	54	50
Изменение показателя пористости, % по отношению к контрольной пробе	–	2↑	8↓	20↓	28↓	33↓
Удельный объем, см^3/г	3,00	2,81	1,82	1,28	0,89	0,98
Изменение показателя удельного объема, % по отношению к контрольной пробе	–	7↓	39↓	57↓	70↓	67↓
Формоустойчивость, H/D	0,40	0,39	0,29	0,43	0,51	0,56
Изменение показателя формоустойчивости, % по отношению к контрольной пробе	–	5↓	28↓	5↑	25↑	15↑
Реологические свойства мякиша						
Общая деформация	18,89	11,45	6,12	4,86	3,55	4,10
Изменение показателя общей деформации, % по отношению к контрольной пробе	–	39↓	68↓	74↓	81↓	78↓
Пластическая деформация	10,32	5,85	2,51	2,02	1,49	2,03
Изменение показателя пластической деформации, % по отношению к контрольной пробе	–	43↓	76↓	81↓	86↓	80↓
Упругая деформация	8,57	5,61	3,63	2,85	2,07	2,09
Изменение показателя упругой деформации, % по отношению к контрольной пробе	–	35↓	58↓	67↓	76↓	76↓

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что внесение люпиновой муки в количестве от 10 до 50 % к массе муки оказывало отрицательное влияние на физико-химические показатели качества хлеба, приготовленного из пшеничной муки высшего сорта. Так, при добавлении люпиновой муки удельный объем хлеба уменьшился на 7–67 % по сравнению с контрольным образцом.

Данные по влиянию муки из люпина в количестве 10–50 % на удельный объем пшеничного хлеба представлены на рисунке 1.

Данные по влиянию добавления люпиновой муки на органолептические показатели качества хлеба представлены на рисунке 2.

На рисунке 3 отображены разрезы образцов хлеба из контрольного образца пшеничной муки высшего сорта и с добавлением люпиновой муки по различным вариантам от 10 и до 50 %.

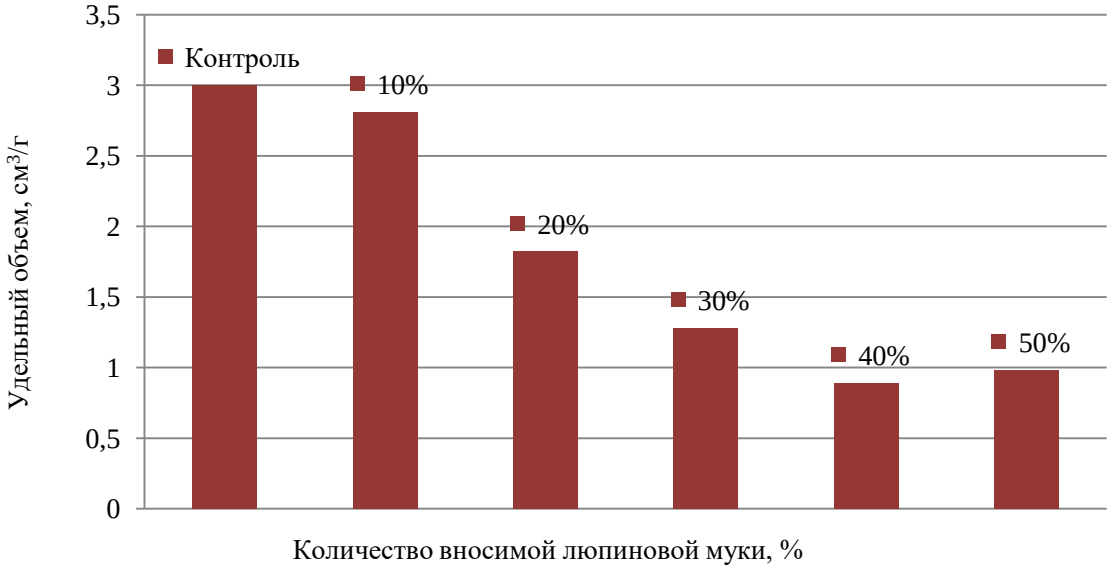

Рис. 1. Влияние люпиновой муки в количестве 10–50 % на удельный объем хлеба

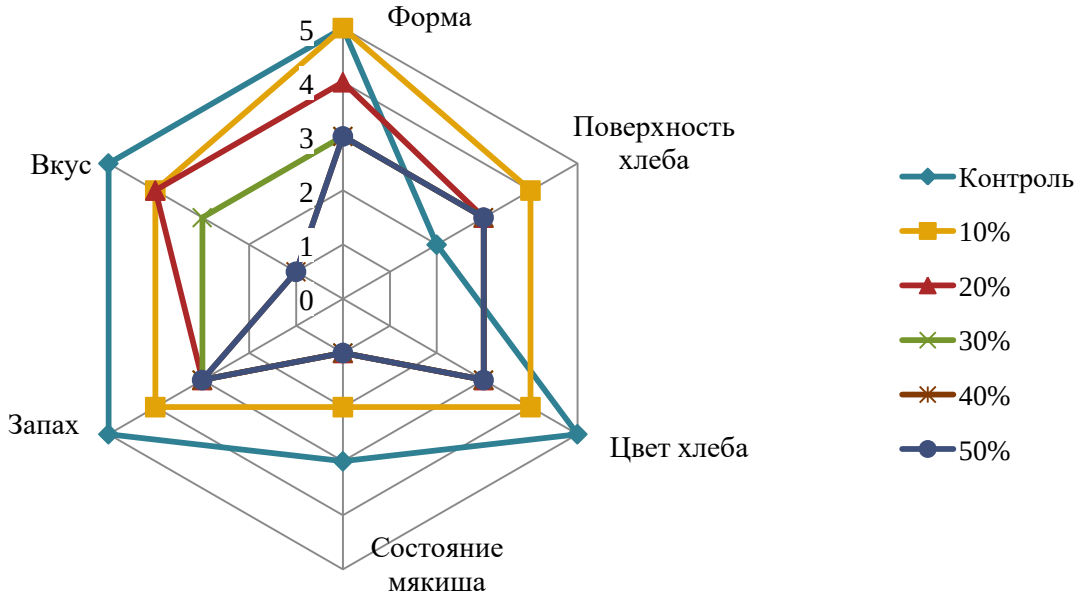

Рис. 2. Влияние люпиновой муки на органолептические показатели качества хлеба

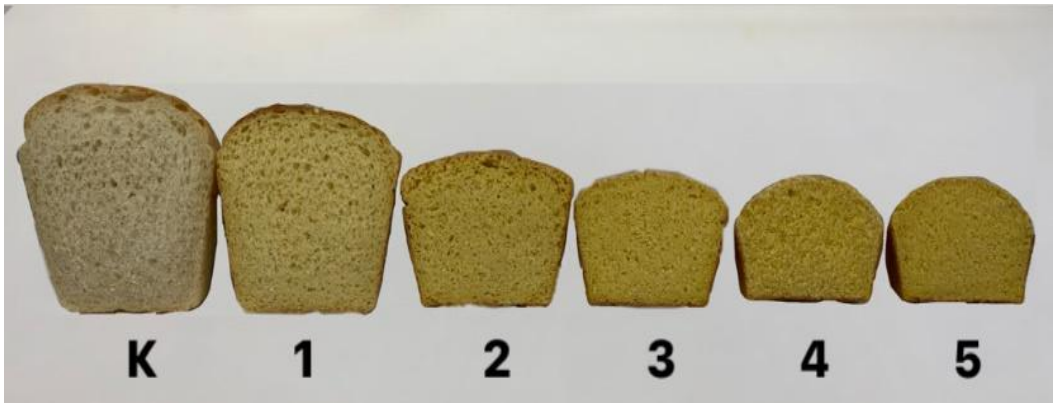

Рис. 3. Образцы хлеба с добавлением люпиновой муки по вариантам: К – контроль; 1 – 10 % люпиновой муки; 2 – 20 % люпиновой муки; 3 – 30 % люпиновой муки; 4 – 40 % люпиновой муки; 5 – 50 % люпиновой муки

Из представленных данных видно, что хлеб, приготовленный с добавлением люпиновой муки, имел неудовлетворительные показатели качества по вкусу, аромату, размеру пор и форме, поэтому были произведены лабораторные выпечки с меньшим количеством люпиновой муки.

На втором этапе исследований люпиновую муку в рецептуру хлеба добавляли в количестве 2, 4, 6, 8 и 10 % от общей массы пшеничной муки высшего сорта. Контрольным образцом служила проба пшеничного хлеба без внесения люпиновой муки.

В таблице 4 приведены экспериментальные данные по влиянию добавления люпиновой муки в количестве 2–10 % к массе пшеничной муки на физико-химические показатели качества хлеба.

Таблица 4

Влияние добавления люпиновой муки в количестве 2–10 % к массе пшеничной муки на физико-химические показатели качества хлеба

Показатель качества	К	1	2	3	4	5
Влажность, %	38,8	40,4	41,8	42,1	42,8	42,8
Кислотность, град.	3,0	3,2	3,2	3,4	3,5	3,7
Пористость мякиша, %	81	81	76	75	75	74
Изменение показателя пористости, % по отношению к контрольной пробе	–	–	6↓	7↓	7↓	9↓
Удельный объем, см^3/г	3,57	3,45	2,72	2,43	2,62	2,34
Изменение показателя удельного объема, % по отношению к контрольной пробе	–	4↓	23↓	32↓	27↓	34↓
Формоустойчивость, H/D	0,50	0,45	0,39	0,35	0,37	0,31
Изменение показателя формоустойчивости, % по отношению к контрольной пробе	–	10↓	22↓	30↓	26↓	38↓
Реологические свойства мякиша						
Общая деформация	13,04	13,57	10,49	9,43	9,81	8,32
Изменение показателя общей деформации, % по отношению к контрольной пробе	–	4↑	19↓	28↓	25↓	36↓
Пластическая деформация	6,81	7,27	4,69	4,71	4,51	3,81
Изменение показателя пластической деформации, % по отношению к контрольной пробе	–	7↑	31↓	31↓	34↓	44↓
Упругая деформация	6,23	6,30	5,80	4,72	5,28	4,51
Изменение показателя упругой деформации, % по отношению к контрольной пробе	–	1↑	7↓	24↓	15↓	28↓

На основании полученных данных можно сделать вывод, что пшеничный хлеб с добавлением люпиновой муки в количестве 2 % к массе пшеничной муки по физико-химическим показателям незначительно отличается от контрольного образца. При этом удельный объем составил 3,45 см³/г при показателе 3,57 см³/г хлеба из пшеничной муки, а пористость составила 81 % у обоих образцов (рис. 4).

Данные по влиянию люпиновой муки на органолептические показатели качества хлеба представлены на рисунке 5.

На рисунке 6 представлены разрезы образцов хлеба из контрольного образца пшеничной муки высшего сорта и с добавлением люпиновой муки по различным вариантам от 2 до 10 %.

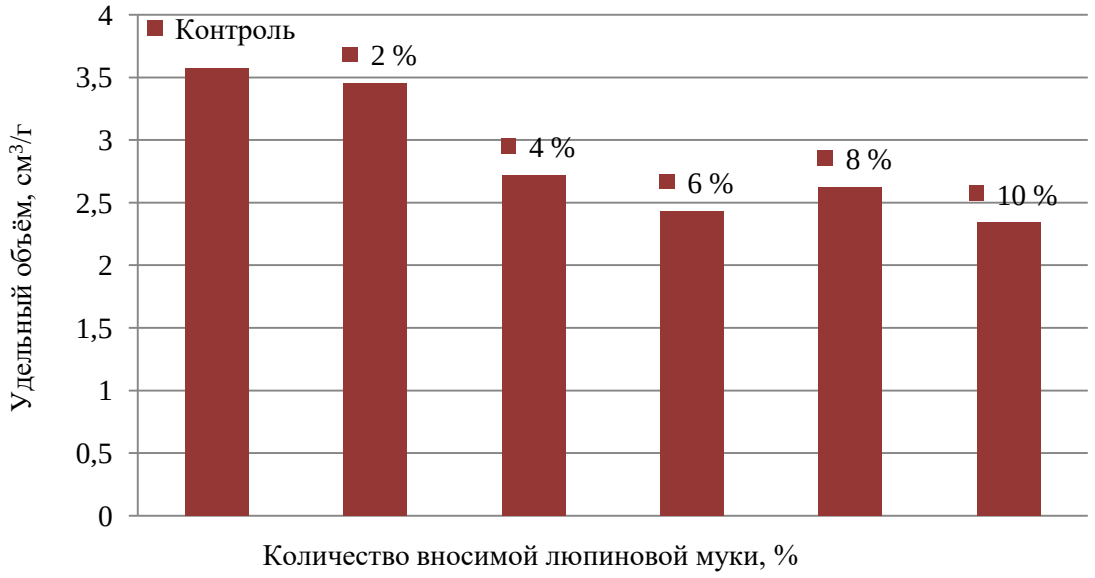

Рис. 4. Влияние добавления люпиновой муки в количестве 2–10 % на удельный объем хлеба

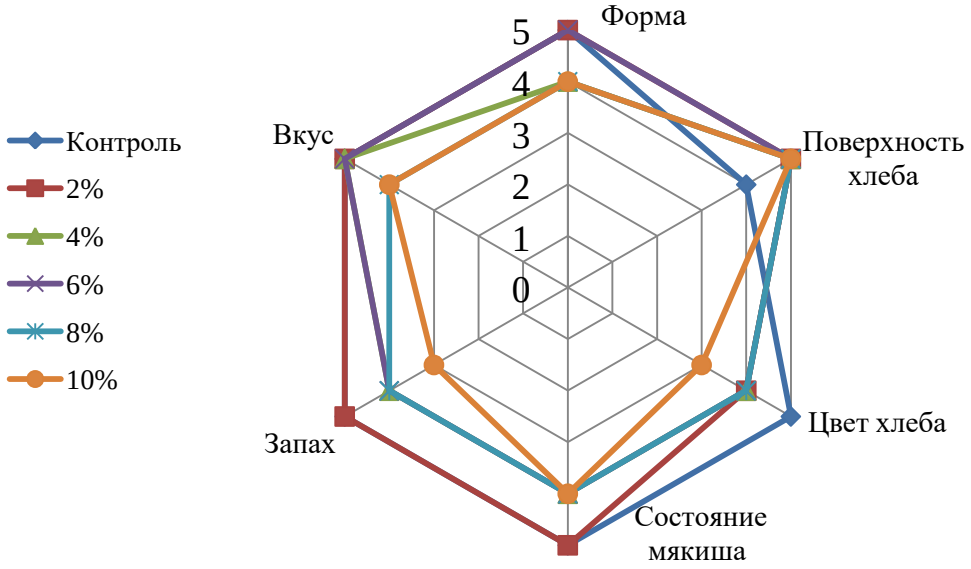

Рис. 5. Влияние внесения люпиновой муки в количестве 2–10 % на органолептические показатели качества формового хлеба

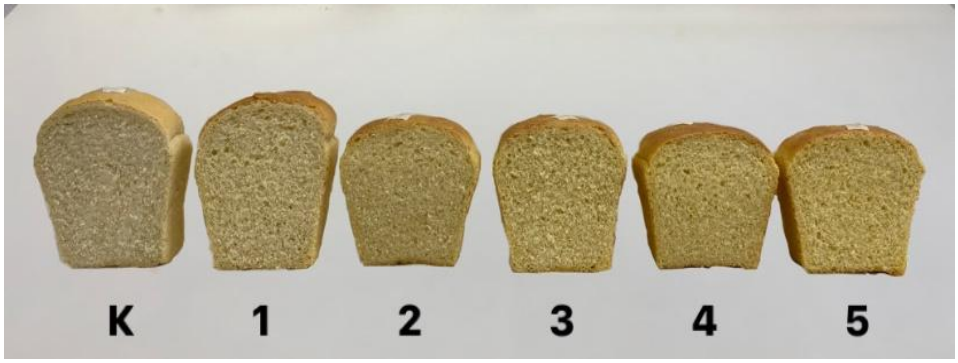

Рис. 6. Образцы хлеба с добавлением люпиновой муки по вариантам: К – контроль; 1 – 2 % люпиновой муки; 2 – 4 % люпиновой муки; 3 – 6 % люпиновой муки; 4 – 8 % люпиновой муки; 5 – 10 % люпиновой муки

Из представленных на рисунке 5 данных видно, что хлеб, приготовленный с добавлением люпиновой муки в количестве 2 %, имел наиболее приближенные к контрольному образцу показатели качества по вкусу, аромату, размеру пор и форме. Особенно следует отметить вкусовые свойства хлеба с добавлением люпиновой муки, так как мякиш имел приятный молочно-ореховый привкус.

Следующим этапом исследований был расчет пищевой ценности пшеничного хлеба из муки высшего сорта (контрольный образец) и пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки как наилучшего образца из всех представленных по хлебопекарным показателям.

В таблице 5 представлен расчет пищевой ценности в 100 г изделия пшеничного хлеба из муки высшего сорта, а также степень удовлетворения суточной потребности в соответствии с МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Суточная потребность в энергетической ценности для мужчин и женщин представлена в средних значениях.

Таблица 5

Расчет пищевой ценности пшеничного хлеба

Показатель	Содержание в 100 г изделия	Суточная потребность в соответствии с МР 2.3.1.0253-21		Степень удовлетворения сут потр., %	
		для мужчин	для женщин	для мужчин	для женщин
Белки, г	7,88	80,0	63,0	9,8	12,5
Жиры, г	0,87	82,0	65,0	1,1	1,3
Углеводы, г	52,53	349,0	278,0	15,1	18,9
Пищевые волокна, г	2,63	25,0		10,5	10,5
Минеральные вещества, мг:					
Na	433,36	1300,0		33,3	33,3
K	101,55	3500,0		2,9	2,9
Ca	17,95	1000,0		1,8	1,8
Mg	13,06	420,0		3,1	3,1
P	72,05	700,0		10,3	10,3
Fe	0,98	10,0	18,0	9,8	5,5
Витамины, мг:					
B_1	0,10	1,50		6,9	6,9
B_2	0,03	1,80		1,9	1,9
PP	0,88	20,0		4,4	4,4
Энергетическая ценность, ккал	250,24	2975,0	2350,0	8,4	10,6

В таблице 6 представлен расчет пищевой ценности в 100 г изделия пшеничного хлеба из муки высшего сорта с добавлением 2 % люпиновой муки, а также степень удовлетворения суточной потребности в соответствии с МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Суточная потребность в энергетической ценности для мужчин и женщин представлена в средних значениях.

Таблица 6

Расчет пищевой ценности пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки

Показатель	Содержание в 100 г изделия	Суточная потребность в соответствии с МР 2.3.1.0253-21		Степень удовлетворения сут потр., %	
		Для мужчин	Для женщин	Для мужчин	Для женщин
Белки, г	8,46	80,0	63,0	10,6	13,4
Жиры, г	0,97	82,0	65,0	1,2	1,5
Углеводы, г	52,69	349,0	278,0	15,1	19,0
Пищевые волокна, г	2,83	25,0		11,3	11,3
Минеральные вещества, мг:					
Na	471,34	1300,0		36,3	36,3
K	60,41	3500,0		1,7	1,7
Ca	34,10	1000,0		3,4	3,4
Mg	27,47	420,0		6,5	6,5
P	13,91	700,0		2,0	2,0
Fe	1,32	10,0	18,0	13,2	7,4
Энергетическая ценность, ккал	254,22	2975,0	2350,0	8,5	10,8

Люпиновая мука содержит 40 г белка в 100 г продукта. Белок люпина содержит все незаменимые аминокислоты, поэтому была рассчитана биологическая ценность в соответствии с действующими методиками расчета аминокислотного скора, коэффициента различия аминокислотного скора и биологической ценности (табл. 7).

В таблице 8 представлен расчет биологической ценности в 100 г пшеничного хлеба (контрольный образец) и пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки.

Таблица 7

Расчет биологической ценности пшеничного хлеба (контрольный образец) и пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки

Незаменимая аминокислота	Идеальный белок	Содержание аминокислоты в хлебе, г/100 г белка		Аминокислотный скор, %	
		Пшеничный хлеб с 2 % люпиновой муки	Контрольный образец	Пшеничный хлеб с 2 % люпиновой муки	Контрольный образец
Лейцин	7	7,73	7,80	110	111
Фенилаланин+ тирозин	6,0	7,20	7,20	120	120
Лизин	5,5	2,61	2,40	47	44
Валин	5,0	4,56	4,60	91	92
Триптофан	1,0	0,89	0,90	89	90
Изолейцин	4,0	4,22	4,20	106	105
Метионин+ цистеин	3,5	3,34	3,40	95	97
Треонин	4,0	3,03	3,00	76	75
Сумма НАК	36,0	33,58	33,50	–	–

Таблица 8

Расчет аминокислотного скора, коэффициента различия аминокислотного скора пшеничного хлеба (контрольный образец) и пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки

Биологическая ценность	Незаменимая аминокислота	Пшеничный хлеб с 2 % люпиновой муки	Контрольный образец
ΔРАС, % (различие аминокислотного скора)	Лейцин	63	68
	Фенилаланин+ тирозин	73	76
	Валин	44	48
	Триптофан	42	46
	Изолейцин	58	61
	Метионин+цистеин	48	54
	Треонин	28	31
КРАС, % (коэффициент различия аминокислотного скора)	–	44	48
БЦ, % (биологическая ценность)	–	56	52

Как видно из представленных данных таблицы 8, пшеничный хлеб с добавлением 2 % люпиновой муки по разработанной рецептуре имеет биологическую ценность на 4 % больше по сравнению с контрольным образцом.

Заключение. На основании проведенных исследований установлено, что добавление люпиновой муки до 6 % оказывает положительное влияние на физико-химические свойства хлеба из пшенично-люпиновой муки. Установлено, что наилучшими по качеству (удельному объему, пористости мякиша, формоустойчивости) являются образцы хлеба, полученные при внесении 2 % люпиновой муки от массы пшеничной муки высшего сорта. При этом удельный объем пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой муки снизился на 0,12 см^3/г и составил 3,45 см^3/г, а пористость мякиша осталась неизменной по сравнению с контрольным образцом и составила 81 %. Пищевая ценность хлебобулочных изделий с добавлением люпиновой муки оказалась выше по сравнению с контрольным образцом из пшеничной муки высшего сорта по содержанию белка и минеральных веществ. Установлено, что биологическая ценность белковой составляющей пшеничного хлеба с добавлением 2 % люпиновой увеличилась на 4 % по сравнению с контрольным образцом. Выявлено, что внесение от 10 до 50 % люпиновой муки в рецептуру оказывает отрицательное влияние на качество хлебобулочных изделий, приготовленных из пшеничной муки высшего сорта.

Список источников

1. *Тарасенко Н.А., Быкова Н.С., Никонович Ю.Н.* Виды нетрадиционного растительного сырья и его использование // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 5-6. С. 6–9.
2. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / *А.Ф. Доронин* [и др.], под ред. *А.А. Кочетковой.* М.: ДеЛиПринт, 2009. 288 с.
3. *Данилина А.С., Данилин С.И., Третьякова Е.Н.* Сравнительная оценка показателей качества ржаной, пшеничной и люпиновой муки // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 3. С. 256.
4. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception / *K. Dewettinck* [et al.] // Journal of Cereal Science. 2008 Vol. 48. P. 243–257.
5. *Агафонова С.В., Рыков А.И., Мезенова О.Я.* Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности // Вестник Международной академии холода. 2019. № 2. С. 79–85.
6. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и люпиновой муки / *Л.В. Анисимова* [и др.] // Ползуновский вестник. 2018. № 4. С. 40–44.
7. *Бегеулов М.Ш.*, *Конорев П.М.* Использование люпиновой муки в хлебопечении //

Хлебопродукты. 2022. № 10. С. 30–34. DOI: 10.32462/0235-2508-2022-31-10-30-34.
8. *Зюзько А.С., Баштовая А.А.* Влияние совместного внесения муки из семян люпина и улучшителей на качество хлеба // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 2-3 (344-345). С. 120–121.
9. *Искакова Г.К., Умирзакова Г.А., Мулдабекова Б.Ж.* Влияние наноструктурированной нутовой муки на качество макаронных изделий // Вестник Алматинского технологического университета. 2016. № 3. С. 40–45.
10. Использование люпиновой муки для производства функциональных продуктов / *Е.Е. Курчаева* [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 10. С. 63–64.
11. Нутовая мука – улучшитель реологических свойств пшеничного теста / *М.К. Садыгова* [и др.] // Хлебопечение России. 2011. № 3. С. 23–25.
12. *Тырсин Ю.А., Казанцева И.Л.* Использование нутовой муки при производстве пралиновых масс // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2015. № 1-2 (155). С. 48–50.
13. Применение регрессионных моделей для оптимизации содержания нутовой муки в рецептуре макаронных изделий / *Н.С. Шелубкова* [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 107–119.
14. *Merker A.A., Reva E.N., Serdyuk V.A.* The influence of gluten-free flour on bakery dough quality // Engineering Technologies and Systems. 2022. Т. 32, № 2. P. 313–323. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202202.313-323.
15. Effect of ultrasound treatment on the physicochemical, nutraceutical, and functional properties of lupine flour / *T. Rababah* [et al.] // Journal of Agricultural Science and Technology. 2021. Т. 23, № 4. P. 825–838.
16. *Матюнина А.В.* Разработка технологии обогащенного печенья без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики: дис. ... канд. техн. наук. М., 2023. 188 с.

References

1. *Tarasenko N.A., Bykova N.S., Nikonovich Yu.N.* Vidy netradicionnogo rastitel'nogo syr'ya i ego ispol'zovanie // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 2016. № 5-6. S. 6–9.
2. Funkcional'nye pischevye produkty. Vvedenie v tehnologii / *A.F. Doronin* [i dr.], pod red. *A.A. Kochetkovoj.* M.: DeLiPrint, 2009. 288 s.
3. *Danilina A.S., Danilin S.I., Tret'yakova E.N.* Sravnitel'naya ocenka pokazatelej kachestva rzhanoj, pshenichnoj i lyupinovoj muki // Nauka i obrazovanie. 2020. T. 3, № 3. S. 256.
4. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception / *K. Dewettinck* [et al.] // Journal of Cereal Science. 2008 Vol. 48. P. 243–257.
5. *Agafonova S.V., Rykov A.I., Mezenova O.Ya.* Ocenka biologicheskoj cennosti belkov lyupina i perspektiv ego ispol'zovaniya v pischevoj promyshlennosti // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. 2019. № 2. S. 79–85.
6. Reologicheskie svojstva testa iz smesi pshenichnoj i lyupinovoj muki / *L.V. Anisimova* [i dr.] // Polzunovskij vestnik. 2018. № 4. S. 40–44.
7. *Begeulov M.Sh.*, *Konorev P.M.* Ispol'zovanie lyupinovoj muki v hlebopechenii // Hleboprodukty. 2022. № 10. S. 30–34. DOI: 10.32462/0235-2508-2022-31-10-30-34.
8. *Zyuz'ko A.S., Bashtovaya A.A.* Vliyanie sovmestnogo vneseniya muki iz semyan lyupina i uluchshitelej na kachestvo hleba // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 2015. № 2-3 (344-345). S. 120–121.
9. *Iskakova G.K., Umirzakova G.A., Muldabekova B.Zh.* Vliyanie nanostrukturirovannoj nutovoj muki na kachestvo makaronnyh izdelij // Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. 2016. № 3. S. 40–45.
10. Ispol'zovanie lyupinovoj muki dlya proizvodstva funkcional'nyh produktov / *E.E. Kurchaeva* [i dr.] // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2011. № 10. S. 63–64.
11. Nutovaya muka – uluchshitel' reologicheskih svojstv pshenichnogo testa / *M.K. Sadygova* [i dr.] // Hlebopechenie Rossii. 2011. № 3. S. 23–25.
12. *Tyrsin Yu.A., Kazanceva I.L.* Ispol'zovanie nutovoj muki pri proizvodstve pralinovyh mass // Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo. 2015. № 1-2 (155). S. 48–50.

13. Primenenie regressionnyh modelej dlya optimizacii soderzhaniya nutovoj muki v recepture makaronnyh izdelij / *N.S. Shelubkova* [i dr.] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 1. S. 107–119.
14. *Merker A.A., Reva E.N., Serdyuk V.A.* The influence of gluten-free flour on bakery dough quality // Engineering Technologies and Systems. 2022. T. 32, № 2. P. 313–323. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202202.313-323.
15. Effect of ultrasound treatment on the physicochemical, nutraceutical, and functional properties of lupine flour / *T. Rababah* [et al.] // Journal of Agricultural Science and Technology. 2021. T. 23, № 4. P. 825–838.
16. *Matyunina A.V.* Razrabotka tehnologii obogaschennogo pechen'ya bez glyutena s primeneniem principov pischevoj kombinatoriki: dis. ... kand. tehn. nauk. M., 2023. 188 s.

Статья принята к публикации 07.07.2023 / The article accepted for publication 07.07.2023.

Информация об авторах:

Юлия Юрьевна Печникова[1], аспирант кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий
Роман Хажсетович Кандроков[2], доцент кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, кандидат технических наук, доцент
Дмитрий Игоревич Быстров[3], доцент кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, кандидат технических наук

Information about the authors:

Yulia Yurievna Pechnikova[1], Postgraduate Student at the Department of Grain, Baking and Confectionery Technologies
Roman Khazhsetovich Kandrokov[2], Associate Professor at the Department of Grain, Baking and Confectionery Technologies, Candidate of Technical Sciences, Docent
Dmitry Igorevich Bystrov[3], Associate Professor at the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Candidate of Technical Sciences