

УДК 664.665

DOI 10.30679/2587-9847-2020-29-269-276

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА МУЛЬТИЗЕРНОВОГО ХЛЕБА ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

*Зуева А. Г., Невская Е. В., канд. техн. наук, Мартиросян В.В., д-р техн. наук, доц.,
Тюрина О. Е., канд. техн. наук, доц.,*

*Федеральное государственное автономное научное учреждение «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (Россия, Москва)
info@gosniihp.ru*

Реферат. В статье приведен анализ традиционных зерновых продуктов, разрешенных к использованию в производстве продуктов питания для детей дошкольного и школьного возраста и содержащих незаменимые макро- и микронутриенты. В качестве объектов исследования были выбраны следующие ингредиенты: мука ячменная, хлопья овсяные «Геркулес», мука полбяная цельнозерновая. Методом композиционно униформ-ротатбельного планирования эксперимента построен план трехфакторного эксперимента и проведен расчет пищевой ценности (белки, жиры, углеводы, витамины B1, B2, PP, железо), по всем вариантам рецептур хлеба. Оптимизирован рецептурный состав мультизернового хлеба по установленным уровням содержания пищевых веществ в хлебобулочных изделиях для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Ключевые слова: мультизерновой хлеб, продукты питания для детей дошкольного и школьного возраста, пищевая ценность, зерновые продукты, математическое моделирование

Summary. The article provides an analysis of traditional grain products that are allowed for use in the production of food for preschool and school children and contain essential macronutrients and micronutrients. The following ingredients were selected as objects of research: barley flour, oat flakes "Hercules", whole grain spelled flour. Using the method of compositional uniform-rotatable planning of the experiment, a plan of a three-factor experiment was built and the nutritional value (proteins, fats, carbohydrates, vitamins B1, B2, PP, iron) was calculated for all types of bread recipes. The recipe composition of multigrain bread has been optimized according to the established levels of nutrient content in bakery products for feeding preschool and school children.

Keywords: multigrain bread, food products for preschool and school children, nutritional value, grain products, mathematical modeling

Введение. Ухудшение экологической обстановки в мире, изменение ритма жизни и образа питания современного человека приводит к развитию алиментарных заболеваний, в том числе связанных с дефицитом эссенциальных для организма макро- и микронутриентов. Для восполнения рационов питания населения недостающими незаменимыми пищевыми веществами большое внимание уделяется созданию специализированных пищевых продуктов, предназначенных для питания различных возрастных групп, в том числе детей. Эти продукты разрабатывают с учетом специфики питания и медико-биологических требований, предъявляемых к ним. Специализированные продукты используют для сохранения и улучшения здоровья, а также для снижения риска развития заболеваний, связанных с неправильным питанием.

Первостепенное значение приобретает обеспечение нутриентно-адаптированными продуктами питания детского населения страны, так как для нормального роста и

гармоничного развития детей требуется постоянное поступление с пищей достаточного количества белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных солей и микроэлементов.

Современные исследования российского рынка детского питания показывают, что в последние годы ситуация с обеспечением его соответствующими продуктами оценивается как неудовлетворительная. Потребность детей в пищевых продуктах отечественного производства в настоящее время удовлетворяется в диапазоне от 9 до 54% в зависимости от основного вида сырья [1, 2, 3].

В пищевом рационе всех групп населения, в том числе и детей, хлеб занимает одно из ведущих мест, поэтому создание ассортимента и технологий хлебобулочных изделий, обогащенных дефицитными в их питании макро- и микронутриентами, является необходимым условием формирования оптимальных рационов питания жителей РФ [1].

В настоящее время в России производится широкий ассортимент хлебобулочных изделий с внесением следующих ингредиентов: муки цельносмолотой, семян льна, тыквы, подсолнечника, орехов и др. Эти изделия относятся к «мультизерновым, зерновым и цельнозерновым» изделиям и отличаются повышенным содержанием растительного белка, пищевых волокон, витаминов группы В, РР, ненасыщенных жирных кислот: омега-3, омега-6.

Широкое распространение мультизернового, зернового и цельнозернового хлеба началось в РФ с появлением на российском рынке зарубежных многозерновых смесей для изготовления хлебобулочных изделий. В Европе и США считается, что рецептуры композитных зерновых смесей должны включать несколько различных видов муки. Причем, обязательно хотя бы из двух злаков (пшеницы, полбы, ржи, тритикале и т.д.), кроме этого компонентами могут быть мука, крупка, хлопья из ячменя, овса, гречки, проса, риса, кукурузы, сорго, а также семена льна, кунжута, амаранта и др.

Полба представляет собой вид пшеницы со своеобразным морфологическим строением зерна и колоса, а также неприхотливостью к видам почв и условиям произрастания.

Заворохина Н. В., Крюкова Е. В., Чугунова О. В. и др. методом ионообменной хроматографии проводили исследования аминокислотного состава полбяной муки в сравнении с пшеничной. Содержание незаменимых аминокислот в полбяной муке составляло 29,7 % к белку, заменимых – 70,3 %. Содержание валина, изолейцина, лейцина, суммы метионин+цистеин приближалось к «идеальному» белку; скоры этих аминокислот составляли больше 90 %. Отмечали повышенную концентрацию глутаминовой кислоты, нормализующей обмен веществ в организме человека, аргинина, являющегося донором азота, триптофана, способствующего биосинтезу никотиновой кислоты – витамина РР, низкий уровень метионина, усиливающего обмен жиров в организме, изолейцина, входящего в состав природных белков, пролина – предшественника глутаминовой кислоты и валина – одного из исходных веществ в биосинтезе пантотеновой кислоты – витамина В3. Полбяная мука лимитирована по лизину и треонину, но лизина в ней содержалось больше на 4 %, чем в пшеничной муке. [4, 5]

В настоящее время продукты из полбы рекомендуются как полезная для здоровья пища в Италии и других европейских странах, а площади ее возделывания увеличиваются благодаря высокой рыночной стоимости полбы.

По хлебопекарным качествам полба в значительной степени уступает пшенице, так как мука полбяная характеризуется низкой водопоглотительной способностью и повышенной упругостью [5].

Ячмень является широко распространенной, высокоурожайной злаковой культурой в Российской Федерации. Из него получают муку, перловую и ячневую крупы, хлопья и плющенные крупы. Пищевая ценность ячменя обусловлена большим количеством белка, углеводов, уникальных водорастворимых пищевых волокон (β -глюканы), минеральных

веществ, витаминов А, D, E, PP и группы В. В его зерне содержится до 11% белка, 2 % жира, 66 % углеводов, 4,5 % клетчатки, 2,5 % золы. В 100 г ячменя содержится 453 мг калия, 93 мг кальция, 353 мг фосфора, до 7,4 мг железа, а также медь, марганец, цинк, молибден, никель, кобальт, стронций, хром, йод, бром [6].

Исследования последних лет показали, что бета-глюканы играют важную роль в оздоровлении организма, оказывая мощное воздействие на иммунную систему и повышая сопротивляемость различным заболеваниям. Это также эффективное средство для разрушения холестериновых бляшек в сосудах, что является профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний [7].

Анисимова Л. В. и Выборнов А. А. изучали технологические свойства зерна ячменя и возможность использования ячменной муки в хлебопечении. По результатам предварительных исследований установили, что замена при выпечке хлеба пшеничной муки на ячменную в количестве 5-10% позволяет не только получить хлеб хорошего качества, но и улучшить некоторые его физико-химические показатели [8].

Толмачева И. П. и Богатырева Т. Г. в своей работе разработали закваску, приготовленную на питательных средах с ячменной мукой, применение которой положительно влияло на микробиологическую устойчивость хлеба и позволяло повысить пищевую и биологическую ценность готовых хлебобулочных изделий [6].

R. Mansoor, T. Mohsin Ali, S. Arif et al. с целью улучшения рациона питания населения разработали рецептуру традиционного пшеничного хлеба Roti с внесением ячменной муки. Добавление ячменной муки способствовало снижению гликемического индекса изделия, что позволило создать более здоровый продукт [9].

Овес - уникальный вид зерновых, поскольку более 50 % общего жира семян у него отлагается в крахмалистом эндосперме, а не в зародыше развивающейся зерновки. Содержание жиров (масла) в зернах овса (3-11%) в 2-3 раза больше, чем у других зерновых. При селекционном улучшении его количество можно повысить еще в 1,5 раза (у некоторых средиземноморских культур концентрация жира достигает 16,4 %).

Белок овсяного зерна сбалансирован по аминокислотному составу и легко усваивается. Основную часть зрелого зерна овса составляют углеводы. Содержание крахмала в зерновке колеблется от 36 до 59 %. По своей структуре он ближе всего к наиболее крахмалистой культуре - рису и отличается от крахмала пшеницы и других зерновых.

Но основную ценность представляет собой клетчатка (10,4 %). Эпидемиологические исследования показали, что потребление продуктов из цельного зерна овса, богатых по содержанию растворимой ((3-глюкан и арабиноксилан) и нерастворимой клетчаткой, защищает от возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, диабета II типа, ожирения, некоторых онкологических заболеваний, а в ряде стран, таких как Финляндия, Великобритания, США, овёс уже давно применяется в безглютеновом питании. Кроме того, благодаря наличию значительного количества слизистых веществ овсяные продукты обладают диетическими свойствами.

Помимо этого продукты переработки зерна овса богаты витаминами (B1, B2, B6, PP, провитамин А) и минеральными веществами [10, 11].

Батура Н. Г. и Типсина Н. Н. изучали влияние злаковых хлопьев на качество хлебобулочных изделий. Эффективность применения хлопьев обуславливалась их полезностью и технологичностью использования. Ученые выявили, что основное преимущество внесения зерновых хлопьев в рецептуру хлебобулочных изделий заключается в простоте их подготовки к производству, доступности и высокой набухаемости [12].

Бурыкина М. Ю. и Конева С. И. в своей научно-исследовательской работе разработали технологию и рецептуру хлебобулочных изделий с добавлением овсяных хлопьев. Применение закваски с добавлением овсяных хлопьев сокращало процесс

тестоприготовления, улучшало органолептические показатели качества готовых изделий, повышало их пищевую ценность и способствовало снижению риска возникновения картофельной болезни [13].

Семена льна являются биологически ценным сырьем для выработки хлебобулочных изделий. Семена льна содержат белки (18-33%), углеводы (12-26%), жиры (30-48%), в том числе полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, селен, обладающий иммуностимулирующими, антиоксидантными и противовоспалительными свойствами.

Семена льна применяют в производстве специальных сортов хлебобулочных изделий, а также для отделки тестовых заготовок. Рекомендуемый расход семян льна при внесении в тесто составляет 4-5 % от массы муки, при больших дозировках снижается объем и формоустойчивость готовых изделий [14].

Особенность углеводного состава семян льна - минимальное количество сахаров и крахмала (при этом большинство углеводов представлено слизиобразующими полисахаридами-гелями). Слизь семян льна богата макро- и микроэлементами, такими, как калий, кальций, магний, железо, цинк и фосфор.

Бойцова Т. М. и Назарова М. О. разработали ржано-пшеничный хлеб с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями в результате внесения в его рецептуру настоя, полученного из семени льна. С целью обогащения хлебобулочных изделий полисахаридами, белками, витаминами, макро- и микроэлементами ученые вносили настой семян льна на стадии замеса теста взамен воды [15].

Рост производства и расширение ассортимента хлебобулочных изделий с добавлением зерна и продуктов его переработки свидетельствует о перспективности развития этого направления. Однако используемые зерновые продукты для производства хлебобулочных изделий, возможно, оказывают отрицательное воздействие на показатели качества зернового хлеба. С целью снижения активности ферментов применяют подкислители и закваски. Кроме того, зерновые продукты являются благоприятной средой для развития посторонней микрофлоры, вследствие чего сокращаются сроки годности изделий. Для предотвращения микробной порчи в хлебопекарной промышленности проводят различные технологические мероприятия, в том числе применение подкисляющих полуфабрикатов (закваски, жидкие дрожжи) и пищевых добавок химического и микробиологического происхождения (пропионовая, уксусная, молочная кислоты, селектин, низин, гидрохлорид лизина и др.).

В связи с вышеизложенным, разработка рецептуры и технологии мультизернового хлеба для детей дошкольного и школьного возраста, который будет способствовать нормальному развитию и функционированию детского организма, повышать устойчивость к неблагоприятным воздействиям, возникновению и развитию заболеваний, является актуальной задачей.

Цель данной работы заключается в оптимизации рецептурного состава мультизернового хлеба для детей дошкольного и школьного возраста по показателям пищевой ценности.

Объекты и методы исследований. Оптимизацию рецептурного состава мультизернового хлеба проводили на основании исследования технологических свойств сырья и рекомендуемых нормируемых уровней содержания пищевых веществ в хлебобулочных изделиях для питания детей дошкольного и школьного возраста. В таблице 1 приведены допустимые уровни содержания пищевых веществ в хлебобулочных изделиях, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

На основе литературного обзора в качестве компонентов рецептуры были выбраны следующие ингредиенты, которые были приняты за константу: мука пшеничная первого сорта по ГОСТ 26574-2017, мука полбяная цельнозерновая по ТУ 9293-01489751414-2011,

семена льна по СТО 53548590-014-2011, дрожжи прессованные по ГОСТ 54731-2011, соль пищевая по ГОСТ Р 51574-2018, сахар белый по ГОСТ 33222-2015, масло подсолнечное по ГОСТ 1129-2013. Варьировали следующие ингредиенты: мука ячменная по ТУ 10.61.22-694-37676459-2017, хлопья овсяные «Геркулес» по ТУ 9294-001-05220930-04, сухая пшеничная клейковина по ГОСТ 31934-2012.

Таблица 1 – Допустимые нормируемые уровни содержания пищевых веществ в хлебобулочных изделиях для детей дошкольного и школьного возраста

Наименование показателей	Допустимые нормируемые уровни содержания	Примечания
Белки, г	8,0-13,0	-
Жиры, г	1,0-8,0	
Углеводы, г	45,0-55,0	
Минеральные вещества, мг: Fe	1,8-3,0	для обогащенных продуктов
Витамины, мг: В ₁ В ₂ РР	0,15-0,40 0,1-0,5 1,5-3,0	для витаминизированных продуктов
Энергетическая ценность, кДж/ калорийность, ккал	879-1424/210-340	-

Определяли показатели пищевой ценности в соответствии с методикой, разработанной ФГАНУ НИИХП с использованием программы Microsoft Excel 2010. Методом композиционно униформ-ротатабельного планирования эксперимента был спланирован трехфакторный эксперимент.

Обсуждение результатов. Химический состав рассматриваемых зерновых ингредиентов приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав зерновых продуктов (ингредиентов) для разработки рецептуры мультизернового хлеба

Зерновые продукты	Пищевые вещества, содержащиеся в 100 г продукта						
	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	Витамин В ₁ , мг	Витамин В ₂ , мг	Витамин РР, мг	Железо, мг
Мука полбяная цельнозерновая	14	2,5	70	0,36	0,11	6,84	4,44
Мука ячменная	10	1,6	56,1	0,28	0,11	6,27	0,7
Хлопья овсяные «Геркулес»	12,3	6,2	61,8	0,45	0,1	4,6	3,6
Семена льна	18,3	42,2	1,6	1,64	0,16	3,08	5,73

План трехфакторного эксперимента по оптимизации рецептурного состава мультизернового хлеба для детского питания представлен в таблице 3.

Таблица 3 – План трехфакторного эксперимента по оптимизации рецептурного состава мультизернового хлеба для детского питания (где x_1 – массовая доля ячменной муки, %, x_2 – массовая овсяных хлопьев «Геркулес», % x_3 – массовая доля сухой пшеничной клейковины, %).

№	x_1	x_2	x_3
1	10,1	8,0	2,0
2	10,1	17,0	2,0
3	25,0	8,0	2,0
4	25,0	17,0	2,0
5	10,1	8,0	5,0
6	10,1	17,0	5,0
7	25,0	8,0	5,0
8	25,0	17,0	5,0
9	5,0	12,5	3,5
10	30,0	12,5	3,5
11	17,5	5,0	3,5
12	17,5	20,0	3,5
13	17,5	12,5	1,0
14	17,5	12,5	6,0
15	17,5	12,5	3,5
16	17,5	12,5	3,5
17	17,5	12,5	3,5
18	17,5	12,5	3,5
19	17,5	12,5	3,5
20	17,5	12,5	3,5

Далее был проведен расчет пищевой ценности мультизернового хлеба для детского питания и получены регрессионные уравнения в натуральной размерности, адекватно описывающие зависимость в реализованном диапазоне изменения параметров. Данные приведены в таблице 4.

Количество ячменной муки, овсяных хлопьев «Геркулес», сухой пшеничной клейковины не оказывало влияние на содержание витамина В2 в мультизерновом хлебе для детского питания, во всех образцах содержание В2 составляло 0,1 мг в 100 г продукта.

Таблица 4 – Зависимость показателей качества от количества рецептурных компонентов: ячменной муки, овсяных хлопьев «Геркулес», сухой пшеничной клейковины.

Наименование показателя	Уравнение регрессии в натуральной размерности
Содержание белка	$Y = 8,70008 + 0,438379x_3$
Содержание жира	$Y = 3,76438 + 0,033509x_2$
Содержание углеводов	$Y = 49,2403 - 0,0754513x_1 - 0,0483604x_2 - 0,393825x_3$
Содержание витамина B1	$Y = 0,239102 + 0,0013732x_2 + 0,00615274x_3 - 0,0012084x_3^2$
Содержание витамина PP	$Y = 3,5817 + 0,0139081x_1 - 0,0328x_3$
Содержание железа	$Y = 2,0107 - 0,00922432x_1 + 0,0120901x_2$

Выводы. Полученные уравнения в натуральной размерности в таблице 4 свидетельствуют о том, что:

- химический состав мультизернового хлеба соответствовал допустимым уровням содержания пищевых веществ в хлебобулочных изделиях для детского питания, установленным СанПиН 2.3.2.1078-01, при количестве пшеничной муки 1 сорта не менее 47 %, сухой пшеничной клейковины не менее 2 %;

- с увеличением дозировки овсяных хлопьев «Геркулес» возрастает содержание жира, железа и витамина B1, их оптимальное количество составляет не менее 8 % от массы муки;

- ячменная мука в основном повышает содержание витамина PP, максимальное значение достигается при ее внесении в количестве 30 % от массы муки;

- при внесении сухой пшеничной клейковины в максимальной дозировке содержание белка составляет 11, 5% в 100 г продукта.

Таким образом, установлено, что целесообразно совместное внесение выбранных ингредиентов. В дальнейшем для оптимизации количественного состава рецептуры необходимо провести пробные лабораторные выпечки по плану, приведенному в таблице 3, для установления влияния исследуемых ингредиентов на физико-химические и органолептические показатели качества хлебобулочных изделий.

Литература

1. Невская Е.В. Разработка технологий хлебобулочных изделий для детского питания на основе натуральных обогатителей: дисс. канд. техн. наук / Е. В. Невская. – М.: Москва.: ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологии и управления», 2011. – 2 с.

2. Шлеленко Л.А., Апульцина Е.В. Перспективные технологии хлебобулочных изделий для детского питания на основе кисломолочных продуктов/ Материалы международного хлебопекарного форума.- М.: 2008 – С. 75-77.

3. Шлеленко Л.А., Невская Е.В., Тюрина О.Е. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий для детского и диабетического питания с целью реализации основ государственной политики в области здорового питания. Материалы четвертого международного хлебопекарного форума в рамках 16-й Международной выставки «Современное хлебопечение – 2011» / Москва: 2010.- С. 90-93.

4 Заворохина Н.В. Использование полбяной муки для обогащения кондитерских изделий/ Н. В. Заворохина, Е. В. Крюкова, О. В. Чугунова// Ползуновский вестник. – 2013. - №. 4-4. С. 161-164.

5 Крюкова Е. В. Исследование химического состава полбяной муки/ Е. В. Крюкова, Н. В. Лейберова, Е.И. Лихачева// Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии». – 2014. - № 2. С 75-81.

6 Толмачева И.П. Использование продуктов переработки ячменя для приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства/ И. П. Толмачева, Т. Г. Богатырева// Пища. Экология. Качество. Труды XIII международной научно-практической конференции. – 2016. - Том. III. С. 323-326.

7 Newman, Rosemary K. Barley for food and health : science, technology, and products / Rosemary K. Newman and C. Walter Newman. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2008. – 245 p.

8 Анисимова Л.В. Технологические свойства зерна ячменя при переработке в крупу и муку/ Л. В. Анисимова, А. А. Выборнов// Ползуновский вестник. – 2013. - №4-4. С. 151-155.

9 Mansoor R. Effects of barley flour on dough rheology, texture, sensory and glycemic index of traditional unleavened flat bread (Roti)/ R. Mansoor, T. Mohsin Ali, S. Arif, A. Moin, A. Hasnain// Cereal Chemistry. – 2019. - Volume 96. PP. 1170-1179.

10 Черникова Д.П. Актуальность применения продуктов переработки овса в хлебопекарной промышленности [Электронный ресурс]/ Д. П. Черникова, Е. С. Сергачева. – Режим доступа: <https://openbooks.itmo.ru/ru/file/6799/6799.pdf> (03.04.2020).

11 Zbikowska A. Quality of Fats in Cookies as Affected by Storage and Addition of Oat Flakes/ A. Zbikowska, J. Rutkowska// Cereal Chem. – 2011. - № 88(3). PP. – 234-238.

12 Батура Н.Г. Изучение влияния злаковых хлопьев на качество хлебобулочных изделий/ Н. Г. Батура, Н. Н. Типсина// Вестник КрасГАУ. – 2019. - № 12. – С. 169-175.

13 Бурыкина М.Ю. Разработка рецептур хлебобулочных изделий с добавлением овсяных хлопьев [Электронный ресурс]/ М. Ю. Бурыкина, С. И. Конева. – Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/txpz_tez_2015.pdf (03.04.2020).

14 Косован А.П. Сырье хлебопекарного производства [Текст] : справочник/А. П. Косован, Г. Ф. Дремучева, Р. Д. Поландова, А. А. Невский, Г. П. Бабаева, О. Е. Карчевская, Н. Т. Чубенко. – М.: Московская типография №2, 2008. – 273 с.; 22 см. – 1200 экз. – ISBN 978-5-86472-199-5.

15 Бойцова Т.М. Настой семени льна в технологии производства ржано-пшеничного хлеба/ Т. М. Бойцова, О. М. Назарова// Хлебопечение России. – 2015. - № 3. – С. 24-26.