

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59>
Original Research Article

© Коллектив авторов, 2023

УДК 613.2, 664.66.014



Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение второе

Г.Д. Щербаков^{1,2} ✉, В.В. Бессонов¹

¹ ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Устьинский пр-д, д. 2/14, г. Москва, 109240, Российская Федерация

² ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Варшавское ш., д. 19А, г. Москва, 117105, Российская Федерация

Резюме

Введение. Получение корректных данных о химическом составе пищевых продуктов востребовано при решении целого ряда различных задач, в том числе связанных с состоянием здоровья населения. Необходимо не только организовать процесс поступления достаточного объема данных, но и разработать алгоритм анализа, учитывающий различные периоды сбора данных и виды продуктов.

Цель исследования: апробация и корректировка алгоритма получения статистически корректных значений средних концентраций и вариабельности основных микро- и макронутриентов в хлебобулочных изделиях.

Материалы и методы. Для апробации и последующей корректировки алгоритма использовались данные лабораторных исследований хлебобулочных изделий, выполненных в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» в 2020–2021 годах лабораториями Роспотребнадзора.

Результаты. Увеличение объема выборки позволило определить новые группы хлебобулочных изделий. При этом наилучшую сходимость продемонстрировали данные объединенной за два года выборки. В качестве дополнительного кластеризирующего признака было определено содержание натрия. Реализация алгоритма на сгруппированных таким образом данных позволила дополнительно уменьшить коэффициент вариабельности.

Заключение. Последовательная обработка данных результатов лабораторных исследований, реализованная в виде алгоритма, позволила актуализировать сведения о химическом составе хлеба, находящегося в обращении, в том числе определить наличие критических с точки зрения содержания натрия продуктов. Интерес представляет расширение возможностей алгоритма с точки зрения автоматизации выбора приоритетных показателей для кластеризации и, как следствие, возможности обработки любого схожего массива данных.

Ключевые слова: качество пищевых продуктов, база данных химического состава пищевых продуктов, цифровая нутрициология, стандартизация данных, обработка результатов лабораторных исследований, классификация пищевых продуктов, хлебобулочные изделия.

Для цитирования: Щербаков Г.Д., Бессонов В.В. Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение второе // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31. № 1. С. 53–59. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59>

Approaches to the Algorithm of Analyzing the Results of Laboratory Testing of Micro- and Macronutrient Content of Bakery Products: Part 2

Grigory D. Shcherbakov,^{1,2} ✉ Vladimir V. Bessonov¹

¹ Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustyinsky Lane, Moscow, 109240, Russian Federation

² Federal Center of Hygiene and Epidemiology, 19A Varshavskoe Highway, Moscow, 117105, Russian Federation

Summary

Introduction: Obtaining correct data on the chemical composition of food products is required for solving different problems, including those related to human health. It is important not only to organize the process of collecting sufficient data, but also to develop an analytical algorithm that considers different periods of data collection and types of foods.

Objective: To test and adjust the algorithm for obtaining statistically correct values of average concentrations and variability of the main micro- and macronutrients in bakery products.

Materials and methods: In order to test and then improve the algorithm, we used the results of laboratory testing of bakery products collected within the framework of the Federal Project on Public Health Strengthening in 2020–2021 by the laboratories of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор).

Results: An increase in the sample size made it possible to identify new groups of bakery products. At the same time, the data of the sample combined over two years demonstrated the best convergence. The sodium content was determined as an additional clustering feature. The implementation of the algorithm on the pooled data enabled further reduction of the coefficient of variability.

Conclusion: Sequential processing of laboratory test results using the developed algorithm allowed us to update information on the chemical composition of bread currently sold by retailers and determine the presence of products that are critical in terms of their sodium content. It is of interest to expand capabilities of the algorithm in terms of automating the selection of priority indicators for clustering and, as a result, the possibility of processing similar data arrays.

Keywords: food quality, database of the chemical composition of food products, digital nutrition, data standardization, processing of laboratory test results, food classification, bakery products.

For citation: Shcherbakov GD, Bessonov VV. Approaches to the algorithm of analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient content of bakery products: Part 2. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(1):53–59. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59>

Введение. Хлебобулочные изделия являются одними из базовых продуктов в питании человека, это пища с огромным разнообразием вкусов и содержанием пищевых веществ, которая остается основой нашего повседневного рациона.

Хлеб был известен еще со времен Древней Греции, его пекли из муки и масла, производился пшеничный, ячменный и другие виды хлеба. Важность хлеба была признана повсеместно, поскольку на заре цивилизации считалось, что пища, которую едят помимо хлеба, должна использоваться лишь в качестве дополнения к основной еде – хлебу [1].

На протяжении всей истории человечества предпринимались попытки улучшить качество хлеба, предварительно исследовав его состав и пищевую ценность. Так, в период промышленной революции, эпоху технических и технологических прорывов во многих отраслях технологии хлебопечения значительно усовершенствовались [2]. Были также выведены новые сорта пшеницы для производства хлеба более высокого качества [3].

Как известно, хлебобулочные изделия находятся в основании пищевой пирамиды [4], поэтому анализ этих продуктов наводит на размышления в плане получения статистически достоверной информации о микро- и макронутриентном составе современных пищевых продуктов.

Определение хлеба является стандартизованным, как и хлебобулочных изделий¹. В соответствии с действующими стандартами двумя основными характеристиками являются сам процесс выпекания и наличие сырья, типичного для хлебобулочного изделия [5]. Все варианты различных изделий характеризуются в соответствии со своим наименованием различной технологией производства. Естественно, что обязательным условием изготовления изделия является также применение коррективных с точки зрения соответствия требованиям ингредиентов [6].

Вид муки, применяемой при изготовлении хлеба, не только определяет наименование изделия, но и влияет на его свойства [7]. Так, качество муки может влиять на влажность хлеба, которая определена стандартами, на качество белковой составляющей и клетчатки [8]. Качество муки определяется технологией ее производства и зависит от правильности помола, что влияет на химический состав [9].

Хлеб является основой питания у населения многих стран, при этом с точки зрения диетологии часто рассматривается именно как источник углеводов [10]. Однако его химический состав намного шире, и часто его можно рассматривать как основной источник витаминов группы В, а также как хороший источник клетчатки и белка [11].

В связи с этим в последние годы хлебобулочная промышленность все больше обращается к разработке и выпуску профилактических изделий, при изготовлении которых часто используются биологически активные вещества [12] и даже лекарственные растения [13, 14]. Расширение ассортимента хлеба связано не только с изменением потребительского спроса на различные его виды с различными свойствами, но и с широкой возможностью для изменения функциональных свойств продукта, что делает его перспективным объектом для модификации.

В предыдущие годы был проведен ряд исследований, посвященных определению химического состава хлеба в разных его вариантах. Так, А. Алиан и др. изучали химический состав бездрожжевого и формового хлеба, приготовленного из цельнозерновой муки и с мукой с коэффициентом 72 %. Было установлено, что хлеб баллади (на закваске) содержит 33–34 % влажности, 11,8–11,9 % белка, 2,53–2,55 % жира, 3,62–3,93 % клетчатки, 2,6–2,98 % золы и 78,91–78,98 % углеводов [15].

Другие исследователи обнаружили, что содержание влаги в хлебе из цельнозерновой муки колеблется в пределах 25,5–24,7 %, белка – 11,78–11,91 %, золы – 1,95–2,38 %, 78,65–78,74 % углеводов, 3,56–3,61 % жира и 3,58–3,82 % клетчатки [16]. Анализ показал, что содержание микроэлементов в хлебе

варьирует. Однако в исследовании, проведенном К. Деветтинк и соавт., дается другая картина состава хлеба, включая белок, жир, клетчатку, золу, углеводы и влагу: 10,63; 2,67; 0,6; 0,64; 79,04 и 6,42 % соответственно [17].

Х.М. Хан и др. исследовали антиоксидантную роль муки твердых сортов пшеницы, теста и хлеба, приготовленных различными способами с добавлением различных дозировок фенольных кислот [18]. М. Вахер и др. изучали корреляцию содержания фенольных соединений и значимость отрубей, муки и цельного зерна различных сортов пшеницы как антиоксидантов [19].

Улучшители хлеба и теста стали неотъемлемой частью усовершенствования способа производства и качества хлебобулочных изделий [20]. Данный термин является эквивалентом применяемого в Российской Федерации термина «вещество для обработки муки»², однако с точки зрения буквального перевода применяемого английского варианта является более точным. Например, в исследовании Т. Исмаила и др. были доказаны пищевые свойства кожуры граната и ее возможное использование в качестве ингредиента для обогащения печенья и других видов выпечки полезными веществами. Были измерены биохимический состав и свойства, способствующие уменьшению свободных радикалов, у порошка кожуры граната (PoP) и печенья с добавлением PoP. Добавка PoP значительно ($p < 0,05$) повышала содержание пищевых волокон (0,32–1,96 г/100 г), общих фенолов (90,7–161,9 мг GAE / 100 г) и неорганических остатков (0,53–0,76 г/100 г) печенья. Было показано, что фенольные смолы PoP при добавлении в выпечку служат потенциальными источниками микро- и макроэлементов [21].

В исследовании влияния добавок кокосовой и каштановой муки на текстуру пищевые и органолептические свойства выпеченного хлеба на основе пшеницы М. Рачик и соавт. пришли к выводу, что среди проанализированных видов муки самое низкое содержание влаги, углеводов, растворимых пищевых волокон и самое высокое содержание золы, белка, жира и нерастворимых пищевых волокон свойственно кокосовой муке. Содержание фракции нерастворимых пищевых волокон в готовых хлебобулочных изделиях было значительно увеличено при замене части пшеничной муки на кокосовую или каштановую. Объемы хлеба с добавками кокосовой или каштановой муки уменьшались пропорционально содержанию муки по сравнению с пшеничным хлебом. Органолептическая оценка указывает на то, что рецептура хлеба с 30 и 50 % муки из кокоса или каштана не оказала положительного влияния на тестируемые параметры, однако добавки с 5, 10 и 15 % улучшили вкус, аромат и общую приемлемость хлеба, а содержание клетчатки в нем было значительно выше [22]. Таким образом, каштановая мука, а также кокосовая мука могут быть ингредиентами для приготовления продуктов с улучшенными питательными свойствами, а также функциональных продуктов.

Из-за растущего мирового спроса использование улучшителей хлеба становится неотъемлемой частью повышения качества хлебобулочных изделий, так как они содержат ферменты, дрожжи, минеральные соли, восстановители, окислители, отбеливатели и эмульгаторы, обычно используемые для улучшения структуры теста. Однако информации о составе хлеба, производимого в разных странах, недостаточно, существует также недостаток информации о том, что изменяется в составе хлеба при переработке зерна, изготовлении муки и теста. Исследования такого рода помогают выявить некоторые факты о пищевой ценности хлеба на разных этапах его производства, а также о наличии различий при включении в него тех или иных добавок и улучшителей.

Существуют национальные и межгосударственные ГОСТы, такие как ГОСТ Р 58233—2018 «Хлеб из пшеничной муки Технические условия»³, ГОСТ 31807-2012 «Изделия хлебобулочные из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки»⁴ и другие,

¹ ГОСТ 32677-2014 «Изделия хлебобулочные. Термины и определения», Официальное издание, М.: Стандартинформ, 2015.

² ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 г. № 58.

³ ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки Технические условия». Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.

⁴ ГОСТ 31807-2012 «Изделия хлебобулочные из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки». Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2014.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59>
Original Research Article

в которых четко определено, какие показатели необходимы для характеристики качества хлеба. В связи с этим может быть определен общий алгоритм анализа химического состава хлебобулочных изделий, который предполагает определение в них следующих показателей микро- и макроэлементов [23]:

- определение влажности,
- определение общей зольности,
- определение общего белка, жира и углеводов,
- определение минерального состава пищевых продуктов.

Так, влажность хлеба считается показателем его качества.

Важно измерять содержание влаги, поскольку оно оказывает решающее влияние на органолептические, физические свойства хлеба, а также на показатели микробиологической чистоты. Кроме того, содержание влаги увеличивает объем хлеба. Разница в содержании влаги может быть частично обусловлена наличием различных компонентов, методами и скоростью нагревания в процессе выпекания. Количество белка и качество хлеба зависят от помола муки. В среднем количество белка в хлебе примерно 8,4 %, но в разных странах значения могут различаться. Об этом свидетельствуют исследования, например, А.М. Алиана и др. по Саудовской Аравии и Египту, причем содержание белка соответствовало сорту хлеба [24]. Содержание жира в любом виде хлебобулочных изделий варьирует в зависимости от добавления жира при приготовлении теста и составляет 20–25 %. Соответственно, и энергетическая ценность хлеба зависит от количества добавленного в тесто жира (масла) [25].

Стандартное содержание зольности (минералов) в зерне – около 1,5 %. Однако зола распределяется в зерне неравномерно. Зольность внутреннего эндосперма может составлять всего 0,3 %, тогда как отруби могут содержать 6 %. Кроме того, содержание зольности в пшеничной муке является показателем степени извлечения пшеницы, который выражается как количество произведенной муки в процентах от общего помола пшеницы. Так, анализ А. Бурсу и соавт. показал, что содержание зольности в белом хлебе составляло 1,5 %, и этот результат оказался ниже, чем в других исследованиях [26], согласно которым содержание зольности в хлебе достигало 2,64 %. Это увеличение может быть связано с присутствием в смеси отрубей.

Хлеб считается важным источником углеводов в виде крахмала, который является наиболее распространенным полисахаридом, запас которого обеспечивает основной источник энергии [27]. Содержание углеводов в белом хлебе, например, составляет 39–42 % соответственно и считается вариативным, что отличает его от всех других видов хлеба. Снижение содержания углеводов может быть связано с высоким содержанием влаги, что может быть обусловлено использованием различных технологий его изготовления.

Процедуры анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий могут быть разными, например, связанными с выявлением изменений, вызванных процессом многоступенчатой обработки продукции, чтобы получить готовый к конечному употреблению хлеб. Различия в содержании макроэлементов и зольности между свежим хлебом, тестом и мукой или между способами приготовления хлеба с улучшителем и без него могут быть частично связаны с отсутствием спецификаций, стандартизацией методов приготовления хлеба или добавлением большего или меньшего количества сахара или масла. Другой причиной различий результатов могут быть разные методы подготовки при определении доли макроэлементов, зольности или других веществ. Так, в исследовании Ф. Морреале и соавт. предлагается основанный на балльной системе метод оценки пищевой ценности хлебобулочных изделий, содержащих глютен и свободных от глютена [28], согласно выводам которого при составлении рецептуры идеального хлеба лучше избегать крахмала в качестве первого или основного ингредиента, а вместо этого добавлять в муку цельнозерновые злаки и бобовые с целью повышения содержания микроэлементов.

При оценке микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий также важно учитывать, что хлеб, подвергшийся воздействию высокой температуры, может терять некоторые свои ингредиенты и, соответственно, полезные свойства. В этой связи анализ результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий предполагает, что рецептура этих продуктов может быть пересмотрена с целью улучшения их пищевых свойств. Данный подход можно применить не только для анализа химического состава хлебобулочных изделий, но и для многих других пищевых продуктов [29, 30].

Цель исследования – адаптировать алгоритм получения данных о химическом составе хлебобулочных изделий с целью улучшения репрезентативности получаемых мер центральной тенденции.

Материалы и методы. В качестве базы данных для оценки результативности и корректности разрабатываемых методов была выбрана база результатов исследований качества и безопасности пищевых продуктов, выполненных в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография»⁵. Для хлебобулочных изделий размер выборки составил за 2020 г.: после уточнения данных и корректировки – 461 исследование ($N_1 = 461$), количество лабораторий, проводивших исследования, составило 20 учреждений, за 2021 г.: 408 исследований ($N_2 = 408$), количество лабораторий, проводивших исследования, составило 36 учреждений. В группу вошли такие виды хлеба, как ржано-пшеничный, «Дарницкий», пшеничный, бородинский и прочие доступные для приобретения в магазинах на территории Российской Федерации.

Алгоритм анализа данных для получения корректных статистических значений представлен в статье [31] с учетом развития и дополнений, изложенных в статье [32].

Алгоритм и соответствующие вычисления реализованы на языке R версии 4.2.1 в среде разработки RStudio.

Результаты. Было проведено сравнение результатов, полученных при анализе данных в 2020 и 2021 годах. Сравнивали коэффициенты вариации, так как изначально предполагалось, что увеличение количества лабораторий должно компенсировать влияние внутрилабораторной ошибки (табл. 1). Чем ближе коэффициент вариации к 100 %, тем менее воспроизводимой и точной считалась величина.

По результатам сравнения было выявлено, что улучшение точности было по таким показателям, как содержание жира, зольности, углеводов и натрия. По остальным показателям коэффициенты вариации либо остались неизменными, либо значительно ухудшились, особенно содержания витамина B_1 . Подобное может быть объяснено как непосредственно изменением структуры исследованных продуктов, так и более низким качеством проведения исследований и вводом результатов среди новых лабораторий по сравнению с предыдущим годом. Также в качестве отдельной проблемы было выявлено непостоянство применяемых методик, а также персонала, задействованного в проведении исследований, что тоже оказывало влияние на результаты.

Были рассмотрены вклады отдельных лабораторий в формирование изменения коэффициента вариации на примере натрия. В 2020 г. размах коэффициентов вариации среди лабораторий составил от 12,3 до 98,6 % со средним значением в 33 %. В 2021 г. размах коэффициентов вариации среди лабораторий составил от 5 до 80,1 % со средним значением в 23,5 %. Было рассмотрено изменение коэффициентов вариации для повторяющихся лабораторий (табл. 2).

Результаты свидетельствовали о том, что даже у лабораторий, повторно проводивших одинаковые исследования на однотипном виде продуктов, может увеличиваться разброс, что было зафиксировано в 39 % случаев для данной выборки. Снижение коэффициента вариации может быть ассоциировано как с более грамотным проведением исследований на схожей

⁵ Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек», реализующийся в рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Таблица 1. Сравнение коэффициентов вариации разных лет
Table 1. Comparison of coefficients of variation between the years

Показатель / Variable	Коэффициент вариации (CV) / Coefficients of variation (CV)	
	2020	2021
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	82,16	70,88
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	13,01	13,01
Содержание золы, % / Ash content, %	31,88	27,33
Влажность, % / Moisture content, %	12,92	13,13
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	11,10	9,35
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	45,39	47,99
Витамин В ₁ , мкг / 100 г / Vitamin B ₁ , µg/100 g	60,12	282,04
Na, мг/кг / Sodium, mg/kg	51,02	34,01

матрице, так и с привыканием к работе в программном продукте для занесения результатов. Рост вариабельности, наоборот, может быть связан с подключением к проекту исследователей, ранее не имевших опыта и, соответственно, склонных допускать большее количество ошибок.

В связи с этим было принято решение рассмотреть объединенную выборку за оба года. Такой подход был выбран в целях соответствия алгоритма реальному функционированию базы данных. То есть при поступлении новых данных они должны не только сравниваться с ретроспективными, но и должна быть проведена оценка на появление новых, ранее не выявленных дополнительных структур. Особенно важным данный пункт следует рассматривать в связи с анализом выбросов, так как новые данные могут быть целиком определены как выходящие за рамки и, следовательно, не включены в дальнейшее рассмотрение для включения в базу данных.

Для всех показателей, кроме содержания витамина В₁, полученные коэффициенты вариации близки к среднему арифметическому между аналогичными величинами, полученными за разные годы.

Затем была проведена процедура удаления выбросов по каждому показателю в соответствии с установленным алгоритмом [31, 32]. Для удаления выбросов использовалось правило 3 сигм, и, несмотря на то что часть показателей не являлись нормально распределенными, в основном за счет наличия тяжелых хвостов, было выявлено, что правило не дает существенно отличный от других методов результат. Было удалено 70 исследований. Данный этап позволил снизить коэффициент вариации по всем показателям на величину от 1 % по углеводам и до 169 % по витамину В₁.

Далее была проведена процедура кластеризации методом k-средних [31, 32]. В качестве кластеризующих признаков были выбраны такие показатели, как содержание жира, белка и натрия. Включение натрия являлось необходимым в связи с наличием установленной верхней границы поступления, в том числе рекомендуемой ВОЗ. Высокие уровни потребления натрия ассоциируются с высокими уровнями рисков развития артериальной гипертензии и, как следствие, с множеством других болезней, таких как инфаркт, инсульт и другие.

Оптимальным числом для разделения на кластеры было определено 3 группы. В результате подобного деления были детерминированы центры соответствующих кластеров (табл. 4). Полученные группы позволяют достаточно хорошо разделить различные виды хлеба по указанным показателям, в том числе не прибегая к дополнительным вычислениям.

Внутри полученных кластеров был проведен процесс нормализации данных. Были получены итоговые меры описательной статистики для каждой группы (табл. 5).

Для большинства показателей процедура нормализации данных позволила снизить величину стандартного отклонения более чем в два раза. Максимальные коэффициенты вариации наблюдались для таких показателей, как пищевые волокна и натрия. Подобная характеристика распределения пищевых волокон может быть объяснена наличием различных видов хлеба в выборке, в том числе вследствие наличия в них дополнительных

Таблица 2. Сравнение коэффициентов вариации для лабораторий**Table 2. Comparison of coefficients of variation between the laboratories**

Номер лаборатории / Laboratory number	Коэффициент вариации (CV) / Coefficient of variation (CV)	
	2020	2021
1	38,74	13,67
2	35,91	55,72
3	55,80	47,67
4	30,85	16,89
5	26,26	29,42
6	40,67	16,95
7	22,27	6,64
8	25,82	16,22
9	16,43	17,85
10	98,61	27,83
11	41,55	19,08
12	29,03	30,27
13	37,62	4,93
14	17,93	11,88
15	25,29	32,54
16	21,86	25,34
17	30,97	20,26
18	12,33	26,80

ингредиентов. Дополнительное внесение соли, в свою очередь, является как элементом адаптации производителей под вкусовые предпочтения населения различных регионов Российской Федерации, так и технологическим аспектом.

Была проанализирована разница между средними величинами коэффициента вариации среди выделенных групп. Для первого кластера средняя величина коэффициента вариации составила 14,71 %, для второго кластера – 13,75 %, для третьего – 13,49 %. Для первого кластера причиной формирования максимального значения коэффициента вариации являлось достаточно высокое, по сравнению с другими группами, отношение средней величины содержания жира и стандартного отклонения для него.

Обсуждение. Полученные данные позволили продемонстрировать необходимость детального анализа каждого случая обработки и внесения новых данных в целях формирования баз данных химического состава пищевых продуктов. Результаты применения алгоритма позволили сделать вывод о необходимости проведения всех его этапов в заданной последовательности, особенно при увеличении объема поступающих данных.

На основании результатов анализа также были выявлены различные группы хлебобулочных изделий, которые характеризовались различным содержанием натрия. При этом для каждой из трех групп были определены достаточно высокие коэффициенты

Таблица 3. Коэффициенты вариации для объединенной выборки
Table 3. Coefficients of variation for the pooled sample

Показатель / Variable	Коэффициент вариации (CV) / Coefficient of variation (CV)
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	77,71
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	13,03
Содержание золы, % / Ash content, %	29,86
Влажность, % / Moisture content, %	13,03
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	10,37
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	47,07
Витамин В ₁ , мкг / 100 г / Vitamin B ₁ , µg/100 g	226,16
Na, мг/кг / Sodium, mg/kg	43,70

Таблица 4. Результаты кластеризации
Table 4. Results of clustering

Показатель / Variable	Первый кластер / Cluster 1	Второй кластер / Cluster 2	Третий кластер / Cluster 3
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	1,16 ± 0,43	3,17 ± 0,81	1,04 ± 0,37
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	7,82 ± 0,66	7,79 ± 0,6	6,9 ± 0,66
Na, мг/кг / Sodium, mg/kg	4783,8 ± 1391,9	3718,63 ± 1412,86	3023,51 ± 1447,26

Таблица 5. Результаты нормализации данных
Table 5. Results of the data normalization

Показатель / Variable	Первый кластер / Cluster 1	Второй кластер / Cluster 2	Третий кластер / Cluster 3
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	1,08 ± 0,23	3,05 ± 0,44	0,98 ± 0,07
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	7,74 ± 0,31	7,79 ± 0,33	7,03 ± 0,34
Содержание золы, % / Ash content, %	1,5 ± 0,19	1,47 ± 0,22	1,66 ± 0,17
Влажность, % / Moisture content, %	40,42 ± 2,28	36,4 ± 2,4	42,23 ± 2,56
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	47,82 ± 2,38	50,41 ± 2,54	46,28 ± 2,49
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	3,52 ± 0,95	3,02 ± 0,51	4,24 ± 1,09
Витамин В ₁ , мкг/100 г / Vitamin B ₁ , µg/100 g	0,15 ± 0,04	0,11 ± 0,04	0,16 ± 0,04
Na, мг/кг / Sodium, mg/kg	4711,3 ± 741,02	3816,73 ± 585,66	2987,46 ± 764,01

вариации (15,73 % для первого кластера, 15,34 % для второго и 25,57 % для третьего). При этом анализ распределения показал, что первый и второй кластер пересекаются нижней и верхней границей распределения натрия соответственно. Аналогичное наблюдение было сделано для второго и третьего кластеров. Анализ максимальных значений внутри групп является более показательным; так, максимальное содержание натрия для первого кластера составило 5904 мг/кг, для второго – 4658,2 мг/кг и для третьего – 4161,16 мг/кг. Данные максимальные значения были идентичны 95-му квантилю распределения, который часто используется для оценок. Предполагая, что в среднем житель Российской Федерации потребляет около 200 г хлеба в сутки, был рассчитан вклад хлеба в достижение верхней границы потребления натрия. Для средних величин с учетом стандартных отклонений было получено, что при указанном потреблении с хлебом из первого кластера будет поступать от 0,8 до 1,1 г натрия (от 40 до 55 % от суточной потребности), с хлебом из второго кластера – от 0,65 до 0,88 (от 32 до 44 % от суточной потребности) и с хлебом из третьего кластера – от 0,44 до 0,75 (от 22 до 38 % от суточной потребности). При рассмотрении максимального поступления были получены величины на уровне 59 % для первого кластера, 47 % для второго и 42 % для третьего. Таким образом, была не только подтверждена необходимость учета хлеба как источника натрия при общей оценке рациона питания, но и необходимость учета различного вида хлеба в этой оценке.

Заключение. Проведенный в данной работе анализ результатов апробации и корректировки алгоритма получения статистически корректных значений средних концентраций и вариабельности основных макронутриентов, натрия и витамина В₁ в хлебобулочных изделиях в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» в 2020–2021 гг. на базе лабораторий Роспотребнадзора позволяет получить данные о

химическом составе хлебобулочных изделий, необходимые для решения целого ряда задач, касающихся как обеспечения здоровья населения, так и организации процесса получения данных вариабельности содержания основных микро- и макронутриентов в продуктах питания. Данный подход может быть рекомендован для применения не только для хлебобулочных изделий, но и для других групп пищевых продуктов. На основании полученных данных могут быть актуализированы базы данных химического состава пищевых продуктов. При этом корреляция полученных результатов и ранее известных данных, имеющихся как в базах данных, так и в различных справочниках, очередной раз подтверждает корректность работы алгоритма. Однако требуется оценка вклада различных торговых марок и видов хлеба в общую получаемую вариабельность. Также полученные данные еще раз подтверждают важность хлеба как основного продукта питания, который может обеспечивать организм необходимыми пищевыми веществами. Тем не менее следует подчеркнуть, что специалисты по здоровому питанию настоятельно рекомендуют употреблять ограниченное количество хлеба, поскольку он содержит много калорий, что может способствовать ожирению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Edwards WP, ed. *The Science of Bakery Products*. Royal Society of Chemistry; 2007.
2. Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. *Food Chemistry*. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag; 2004. doi: 10.1007/978-3-662-07279-0
3. Giannou V, Kessoglou V, Tzia C. Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. *Trends Food Sci Technol*. 2003;14(3):99-108. doi: 10.1016/S0924-2244(02)00278-9
4. Sarac I, Butnariu M. Food pyramid – The principles of a balanced diet. *Int J Nutr Pharmacol Neurol Dis*. 2020;5(2):24. doi: 10.14302/issn.2379-7835.ijn-20-3199

5. Hussein NM. *Studies on improving the nutritional value of some types of bread*. PhD thesis. Cairo-University, Egypt; 2001.
6. Andrikopoulos N. *Food Analysis, Methodology-Organology Theory and Laboratory Exercises*. Athens: Bistikea Publications; 2010.
7. Bushuk W. *Rye: Production, Chemistry, and Technology*. 2nd ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists; 2001.
8. Pareyt B, Delcour JA. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2008;48(9):824-839. doi: 10.1080/10408390701719223
9. Gupta M, Bawa AS, Semwal AD. Effect of barley flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of high-fiber rusks. *J Food Process Preserv*. 2011;35(1):46-63. doi: 10.1111/j.1745-4549.2009.00446.x
10. Velu V, Nagender A, Prabhakara Rao PG, Rao DG. Dry milling characteristics of microwave dried maize grains (*Zea mays* L.). *J Food Eng*. 2006;74(1):30-36. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.02.014
11. Bean SR, Bietz JA, Lookhart GL. High-performance capillary electrophoresis of cereal proteins. *J Chromatogr A*. 1998;814(1-2):25-41. doi: 10.1016/S0021-9673(98)00437-3
12. Корячкина С.Я., Осипова Т.А., Хмелева Е.В. и др. Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения: монография; под ред. С.Я. Корячкиной. Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. 262 с.
13. Беляев А.Г., Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Калужских А.Г. Изучение макроэлементного состава хлебобулочных изделий, обогащенных продуктами кипрея узколистного, с использованием растровой электронной микроскопии. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 18–26.
14. Chirsanova A, Capcanari T, Gîncu E. Jerusalem artichoke (*Helianthus Tuberosus*) flour impact on bread quality. *J Eng Sci*. 2021;28(1):131-143. doi: 10.52326/jes.utm.2021.28(1).14
15. Alian AM, Abdel-latif AR, Yaseen AAE. Chemical and biological evaluation of wholemeal wheat bread. *Egypt J Food Sci*. 2001;25(1):121-138.
16. Demirözü B, Saldamli I, Gürsel B, Uçak A, Çetinyokuş F, Yüzbaşı N. Determination of some metals which are important for food quality control in bread. *J Cereal Sci*. 2003;37(2):171-177. doi: 10.1006/jcsc.2002.0491
17. Dewettinck K, Van Bockstaele F, Kühne B, Van de Walle D, Courtens TM, Gellynck X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J Cereal Sci*. 2008;48(2):243-257. doi: 10.1016/j.jcsc.2008.01.003
18. Han HM, Koh BK. Antioxidant activity of hard wheat flour, dough and bread prepared using various processes with the addition of different phenolic acids. *J Sci Food Agric*. 2011;91(4):604-608. doi: 10.1002/jsfa.4188
19. Vaheer M, Matso K, Levandi T, Helmja K, Kaljurand M. Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Proc Chem*. 2010;2(1):76-82. doi: 10.1016/j.proche.2009.12.013
20. Friedman M, Finot PA. Improvement in the nutritional quality of bread. *Adv Exp Med Biol*. 1991;289:415-445. doi: 10.1007/978-1-4899-2626-5_30
21. Ismail T, Akhtar S, Riaz M, Ismail A. Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. *Int J Food Sci Nutr*. 2014;65(6):661-616. doi: 10.3109/09637486.2014.908170
22. Raczky M, Kruszewski B, Michałowska D. Effect of coconut and chestnut flour supplementations on texture, nutritional and sensory properties of baked wheat based bread. *Molecules*. 2021;26(15):4641. doi: 10.3390/molecules26154641
23. Saad SS, Elmabsout AA, Alshukri A, et al. Approximate composition analysis and nutritive values of different varieties of edible seeds. *Asian J Med Sci*. 2021;12(6):101-108. doi: 10.3126/ajms.v12i6.33792
24. Salama NA, Alian AM, Abd-El-Lateef AR, Shouk AA. Effect of some improvers on the nutritional components and in vitro digestibility of Egyptian balady bread. *Egypt J Food Sci*. 1992;20:135-146.
25. Bibiana I, Grace N, Julius A. Quality evaluation of composite bread produced from wheat, maize and orange fleshed sweet potato flours. *Am J Food Sci Technol*. 2014;2(4):109-115. doi: 10.12691/ajfst-2-4-1
26. Ak B, Avsaroğlu E, Işık O, et al. Nutritional and physicochemical characteristics of bread enriched with microalgae *Spirulina platensis*. *Int J Eng Res Appl*. 2016;6(12 Pt 4):30-38.
27. Kulp K, ed. *Handbook of Cereal Science and Technology*, Revised and Expanded. 2nd ed. CRC Press; 2000. doi: 10.1201/9781420027228
28. Morreale F, Angelino D, Pellegrini N. Designing a score-based method for the evaluation of the nutritional quality of the gluten-free bakery products and their gluten-containing counterparts. *Plant Foods Hum Nutr*. 2018;73(2):154-159. doi: 10.1007/s11130-018-0662-5
29. Lockyer S, Spiro A. The role of bread in the UK diet: An update. *Nutr Bull*. 2020;45(2):133-164. doi: 10.1111/nbu.12435
30. Bati A. The role of bread in Hungarian diet today. *Acta Ethnogr Hung*. 2012;57(2):253-261. doi: 10.1556/AEthn.57.2012.2.3
31. Щербаков Г.Д., Бессонов В.В. Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение первое // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 44–53. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-4-44-53
32. Щербаков Г.Д., Бессонов Г.В. Алгоритм обработки и анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава молока // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 8. С. 64–72. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-8-64-72

REFERENCES

1. Edwards WP, ed. *The Science of Bakery Products*. Royal Society of Chemistry; 2007.
2. Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. *Food Chemistry*. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag; 2004. doi: 10.1007/978-3-662-07279-0
3. Giannou V, Kessoglou V, Tzia C. Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. *Trends Food Sci Technol*. 2003;14(3):99-108. doi: 10.1016/S0924-2244(02)00278-9
4. Sarac I, Butnariu M. Food pyramid – The principles of a balanced diet. *Int J Nutr Pharmacol Neural Dis*. 2020;5(2):24. doi: 10.14302/issn.2379-7835.ijn-20-3199
5. Hussein NM. *Studies on improving the nutritional value of some types of bread*. PhD thesis. Cairo-University, Egypt; 2001.
6. Andrikopoulos N. *Food Analysis, Methodology-Organology Theory and Laboratory Exercises*. Athens: Bistikea Publications; 2010.
7. Bushuk W. *Rye: Production, Chemistry, and Technology*. 2nd ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists; 2001.
8. Pareyt B, Delcour JA. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2008;48(9):824-839. doi: 10.1080/10408390701719223
9. Gupta M, Bawa AS, Semwal AD. Effect of barley flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of high-fiber rusks. *J Food Process Preserv*. 2011;35(1):46-63. doi: 10.1111/j.1745-4549.2009.00446.x
10. Velu V, Nagender A, Prabhakara Rao PG, Rao DG. Dry milling characteristics of microwave dried maize grains (*Zea mays* L.). *J Food Eng*. 2006;74(1):30-36. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.02.014
11. Bean SR, Bietz JA, Lookhart GL. High-performance capillary electrophoresis of cereal proteins. *J Chromatogr A*. 1998;814(1-2):25-41. doi: 10.1016/S0021-9673(98)00437-3
12. Koryachkina SYa, Osipova TA, Khmeleva EV. [Improvement of Technologies of Bakery Products, Confectionery and Pasta of Functional Purpose: A monograph.] Oryol: Gosuniversitet – UNPK Publ.; 2012. (In Russ.)
13. Belyaev AG, Kovaleva AE, Pyanikova EA, Kaluzhskikh AG. Study of the macroelement composition of bakery products enriched with narrow-leaved fireweed products using scanning electron microscopy. *Tekhnologii Pishchevoy i Pererabatyvayushchey Promyshlennosti APK – Produkty Zdorovogo Pitaniya*. 2019;3(29):18-26. (In Russ.)
14. Chirsanova A, Capcanari T, Gîncu E. Jerusalem artichoke (*Helianthus Tuberosus*) flour impact on bread quality. *J Eng Sci*. 2021;28(1):131-143. doi: 10.52326/jes.utm.2021.28(1).14
15. Alian AM, Abdel-latif AR, Yaseen AAE. Chemical and biological evaluation of wholemeal wheat bread. *Egypt J Food Sci*. 2001;25(1):121-138.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59>
Original Research Article

16. Demirözü B, Saldamli I, Gürsel B, Uçak A, Çetinyokuş F, Yüzbaşı N. Determination of some metals which are important for food quality control in bread. *J Cereal Sci.* 2003;37(2):171-177. doi: 10.1006/jcrs.2002.0491.
17. Dewettinck K, Van Bockstaele F, Kühne B, Van de Walle D, Courtens TM, Gellynck X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J Cereal Sci.* 2008;48(2):243-257. doi: 10.1016/j.jcs.2008.01.003
18. Han HM, Koh BK. Antioxidant activity of hard wheat flour, dough and bread prepared using various processes with the addition of different phenolic acids. *J Sci Food Agric.* 2011;91(4):604-608. doi: 10.1002/jsfa.4188
19. Vaher M, Matso K, Levandi T, Helmja K, Kaljurand M. Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Proc Chem.* 2010;2(1):76-82. doi: 10.1016/j.proche.2009.12.013
20. Friedman M, Finot PA. Improvement in the nutritional quality of bread. *Adv Exp Med Biol.* 1991;289:415-445. doi: 10.1007/978-1-4899-2626-5_30
21. Ismail T, Akhtar S, Riaz M, Ismail A. Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. *Int J Food Sci Nutr.* 2014;65(6):661-616. doi: 10.3109/09637486.2014.908170
22. Raczky M, Kruszewski B, Michałowska D. Effect of coconut and chestnut flour supplementations on texture, nutritional and sensory properties of baked wheat based bread. *Molecules.* 2021;26(15):4641. doi: 10.3390/molecules26154641
23. Saad SS, Elmabsout AA, Alshukri A, et al. Approximate composition analysis and nutritive values of different varieties of edible seeds. *Asian J Med Sci.* 2021;12(6):101-108. doi: 10.3126/ajms.v12i6.33792
24. Salama NA, Alian AM, Abd-El-Lateef AR, Shouk AA. Effect of some improvers on the nutritional components and in vitro digestibility of Egyptian balady bread. *Egypt J Food Sci.* 1992;20:135-146.
25. Bibiana I, Grace N, Julius A. Quality evaluation of composite bread produced from wheat, maize and orange fleshed sweet potato flours. *Am J Food Sci Technol.* 2014;2(4):109-115. doi: 10.12691/ajfst-2-4-1
26. Ak B, Avşaroğlu E, Işık O, et al. Nutritional and physicochemical characteristics of bread enriched with microalgae *Spirulina platensis*. *Int J Eng Res Appl.* 2016;6(12 Pt 4):30-38.
27. Kulp K, ed. Handbook of Cereal Science and Technology, Revised and Expanded. 2nd ed. CRC Press; 2000. doi: 10.1201/9781420027228
28. Morreale F, Angelino D, Pellegrini N. Designing a score-based method for the evaluation of the nutritional quality of the gluten-free bakery products and their gluten-containing counterparts. *Plant Foods Hum Nutr.* 2018;73(2):154-159. doi: 10.1007/s11130-018-0662-5
29. Lockyer S, Spiro A. The role of bread in the UK diet: An update. *Nutr Bull.* 2020;45(2):133-164. doi: 10.1111/nbu.12435
30. Bati A. The role of bread in Hungarian diet today. *Acta Ethnogr Hung.* 2012;57(2):253-261. doi: 10.1556/AEthn.57.2012.2.3
31. Shcherbakov GD, Bessonov VV. Approaches to the algorithm of analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient content of bakery products: Part 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(4):44-53. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-4-44-53
32. Shcherbakov GD, Bessonov VV. Algorithm for analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient composition of milk. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(8):64-72. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-8-64-72

Сведения об авторах:

✉ **Щербаков** Григорий Дмитриевич – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга анализа и прогнозирования ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, аспирант ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; e-mail: sherbakovgrigory@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9046-6837>.

Бессонов Владимир Владимирович – д.б.н., заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; e-mail: bessonov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Бессонов В.В., Щербаков Г.Д.*; сбор данных: *Щербаков Г.Д.*; анализ и интерпретация результатов: *Щербаков Г.Д.*; литературный обзор: *Щербаков Г.Д.*; подготовка рукописи: *Бессонов В.В., Щербаков Г.Д.* Авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 07.01.22 / Принята к публикации: 09.01.23 / Опубликована: 31.01.23

Author information:

✉ Grigory D. **Shcherbakov**, Head of the Department of Public Health Monitoring, Analysis and Forecasting, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; postgraduate student, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: sherbakovgrigory@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9046-6837>.

Vladimir V. **Bessonov**, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Food Chemistry, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: bessonov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>.

Author contributions: study conception and design, draft manuscript preparation: *Bessonov V.V., Shcherbakov G.D.*; data collection, analysis and interpretation of results, literature review: *Shcherbakov G.D.* Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: January 7, 2022 / Accepted: January 9, 2023 / Published: January 31, 2023