

Зависимость кислотности безглютенового хлеба от вводимых добавок

Владимир Г. Попов ¹	popovvg@tyuiu.ru	 0000-0002-5902-1768
Нурсафа Г. Хайруллина ¹	hajrullinang@tyuiu.ru	 0000-0001-7290-3290
Хадия Н. Садыкова ¹	sadykovahn@tyuiu.ru	

¹ Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Россия

Аннотация. В последние годы отмечается повышенный интерес россиян к своему здоровью, здоровому образу жизни в целом, для поддержания которого необходимо правильно питаться. Учеными доказано, что большинство болезней населения мира возникает из-за не правильного, не рационального питания, которое в большинстве случаев вызывает хронические заболевания. Каждый человек вправе решать, чем питаться, какую физическую нагрузку установить для себя и другие характеристики здорового образа жизни. Все чаще россияне, не зависимо от возраста, пола, семейного положения и материального достатка начинают переходить к здоровому образу жизни. Следует заметить, что это не всегда люди, страдающие определенными заболеваниями, напротив, это россияне, которые осознали необходимость здорового образа жизни. Одним из факторов, который оказывает влияние на ЗОЖ, является правильное питание. Ежедневно люди употребляют в пищу хлеб и хлебобулочные изделия, это основной продукт питания для многих россиян, но сегодня многие меняют свои предпочтения в его употреблении и выбирают хлебобулочные изделия с функциональными добавками или безглютеновый хлеб. Целью исследования заключается изучение зависимости кислотности безглютенового хлеба от вводимых добавок методом моделирования. Снижение кислотности в хлебе, в том числе и в безглютеновом хлебе, окажет благоприятное воздействие на организм людей, страдающих целиакией и одновременно расширит сегмент безглютеновой продукции. Задачей исследования является проведение эксперимента методом моделирования кислотности безглютенового хлеба в зависимости от вводимых добавок. В результате моделирования была рассчитана математическая модель накопления кислотности безглютенового хлеба в зависимости от рецептурных компонентов: молочной сыворотки, льняной муки и дрожжей. Согласно полученной модели, молочная сыворотка и льняная мука оказывают практически равнозначное влияние на повышение кислотности хлебного мякиша. В тоже время хлебопекарные дрожжи оказывают незначительное влияние на процесс нарастания кислотности.

Ключевые слова: социально-демографическая ситуация, здоровье населения, здоровое питание, здоровый образ жизни, функциональное питание, безглютеновый хлеб, кислотность безглютенового хлеба.

Dependence of the acidity of gluten-free bread on the introduced additives

Vladimir G. Popov ¹	popovvg@tyuiu.ru	 0000-0002-5902-1768
Nursafa G. Hajrullina ¹	hajrullinang@tyuiu.ru	 0000-0001-7290-3290
Hadia N. Sadykova ¹	sadykovahn@tyuiu.ru	

¹ Tyumen Industrial University, Voladarskiy Str., 38, Tyumen, 625000, Russia

Abstract. In recent years, there has been an increased interest of Russians in their health, a healthy lifestyle in general, to maintain which it is necessary to eat right. Scientists have proved that most of the diseases of the world's population occur due to improper, not rational nutrition, which in most cases causes chronic diseases. Everyone has the right to decide what to eat, what physical activity to set for themselves and other characteristics of a healthy lifestyle. Increasingly, Russians, regardless of age, gender, marital status and material wealth, are beginning to move to a healthy lifestyle. It should be noted that these are not always people suffering from certain diseases, on the contrary, they are Russians who have realized the need for a healthy lifestyle. One of the factors that affects healthy lifestyle is proper nutrition. Every day people eat bread and bakery products, this is the main food for many Russians, but today many people change their preferences in its use and choose bakery products with functional additives or gluten-free bread. The aim of the study is to study the dependence of the acidity of gluten-free bread on the additives introduced by modeling. Reducing the acidity in bread, including gluten-free bread, will have a beneficial effect on the body of people suffering from celiac disease and at the same time expand the segment of gluten-free products. The objective of the study is to conduct an experiment by modeling the acidity of gluten-free bread depending on the additives introduced. As a result of the simulation, a mathematical model of the accumulation of the acidity of gluten-free bread was calculated depending on the prescription components: whey, flaxseed flour and yeast. According to the obtained model, whey and flaxseed flour have an almost equivalent effect on increasing the acidity of bread crumb. At the same time, baking yeast has a negligible effect on the process of increasing acidity.

Keywords: socio-demographic situation, public health, healthy diet, healthy lifestyle, functional nutrition, gluten-free bread, acidity of gluten-free bread..

Для цитирования

Попов В.Г., Хайруллина Н.Г., Садыкова Х.Н. Зависимость кислотности безглютенового хлеба от вводимых добавок // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 3. С. 96–106. doi:10.20914/2310-1202-2022-3-96-106

For citation

Popov V.G., Khayrullina N.G., Sadykova H.N. Dependence of the acidity of gluten-free bread on the introduced additives. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 3. pp. 96–106. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-3-96-106

Введение

Актуальность представленного научного обзора заключается в получении современных теоретико-методологических знаний в производстве безглютенового хлеба. Последние пять лет наблюдается всплеск интереса россиян к здоровому питанию. Не зависимо от возраста, пола, сферы деятельности и других социально-демографических характеристик россияне стали внимательнее относиться к выбору продовольственных продуктов, их составу, к рекомендациям врачей, физическим нагрузкам и в целом к здоровому образу жизни. Многочисленные исследования ученых доказывают влияние качества питания на развитие и протекание сердечно-сосудистых заболеваний, появление злокачественных новообразований, развитие сахарного диабета и на появление лишнего веса (вернее сказать, на ожирения). Многие российские предприятия перешли на производство продуктов питания функционального назначения, в городах и крупных населенных пунктах появляются магазины здорового питания, в социальных сетях пользователи активно делятся рецептами приготовления «здоровых» блюд, не являясь исключением и исследуемая нами категория – безглютеновый хлеб.

Цель исследования заключается в изучении зависимости кислотности безглютенового хлеба от вводимых добавок, что окажет благоприятное воздействие на организм людей, страдающих целиакией и позволит расширить сегмент безглютеновой продукции. Задачей исследования является проведение эксперимента методом моделирования кислотности безглютенового хлеба в зависимости от вводимых добавок.

Несмотря на хорошую изученность, продолжаются научные исследования по разработке новых рецептур продукции с использованием безглютеновых видов муки для расширения ассортимента готовой продукции и включение её в безглютеновую диету, обеспечивая больных целиакией жизненно необходимыми нутриентами, способствующих стабилизации тонкого кишечника желудочно-кишечного тракта, снижению материальных и психологических трудностей, с которыми они сталкиваются ежедневно [20–21]

Глютен: определение, способы выделения

На Дальнем Востоке глютен готовят и употребляют в пищу с шестого века в качестве пищевого продукта. С первых дней развития сельского хозяйства его свойства были выделены в таких культовых продуктах цивилизации, как хлеб, макароны и солод. На Западе глютен был описан в 1742 г. профессором Болонского

университета Джакомо Беккари, а его приготовление путем выщелачивания было разработано Йоханнесом Кессельмейером в Страсбурге.

В настоящее время сложились различные подходы к определению глютена и достаточно близкого к нему термина «клейковина». Так, Гурова М.М. определяет глютен как комплекс взаимосвязанных белков запаса, содержащихся в семенах злаков, в основном проламинов и глютелинов, с высоким содержанием аминокислот пролина и глутамина [22].

В Государственном стандарте СССР находим, что глютен – некрахмальный компонент взвешенных веществ крахмального молока, состоящий из нерастворимого белка, а в свою очередь крахмальное молоко – суспензия ненабухших крахмальных зерен в водном растворе растворимых компонентов крахмалосодержащего сырья [2].

В современной энциклопедии клейковина определяется как белковая часть муки (из зерна пшеницы и других злаков), остающаяся в виде эластичного сгустка после вымывания крахмала водой из теста. Составляющие клейковины запасные белки (проламины и глютелины) содержатся в питательной ткани (эндосперме) зерна. От их содержания и свойств зависят хлебопекарные качества муки. Отметим, что энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона уравнивает понятия клейковины и глютена. В ней представлена краткая характеристика бытового способа получения глютена и определения, является ли полученная масса шлютенном. «Глютенном называется белковое вещество хлебных зерен, нерастворимое в воде. Если пшеничную муку промывать холодной водой, то содержащийся в ней глютен разбухает, а крахмал остается в виде крупинок, которые висят в воде и не разбухают. Если воду сцеживать так, чтобы смыть крахмал, то на сите или кисее, на которых производилась операция, остается клейкий, липкий осадок глютена. Смоченный водой, сырой глютен имеет сероватый цвет и представляется в виде сплошной массы, липкой, эластичной, гибкой; в сухом виде он просвечивает и безвкусен» [28].

Клеман Д. придерживается определения, что глютен является компонентом белка, резервной структуры семян покрытосеменных растений. Он занимает большую часть плодов трав или зерна. Белок пшеничного зерна представляет собой резервную ткань, в основном состоящую из гранул крахмала, встроенных в белковую матрицу, состоящую из глиадинов, глутенинов, альбуминов и глобулинов [25, 30]. Центральная часть или крахмалистый белок состоит из мертвых клеток, в то время как периферический алейронный слой остается

живым, чтобы обеспечить ферменты, необходимые для диссоциации крахмала на питательные сахара, а белков-на аминокислоты, чтобы обеспечить прорастание и развитие саженца. Это свойство также используется для солодования. Эти белки глютена характеризуются высоким содержанием глутамина и пролина и низким содержанием основных аминокислот (лизина, гистидина аргинина).

Белки белка пшеницы характеризуются их растворимостью:

1. альбумины растворимы в воде;
2. глобулины растворимы в солевых растворах;
3. глиадины растворимы в спиртовом растворе (70 % этанол);
4. глутенины, нерастворимые в предыдущих растворителях, частично растворимы в разбавленных растворах кислот и в мочевины.

Пшеничную клейковину можно получить путем выщелачивания водой: после замешивания муки с 50 % ее веса водой получается эластичное тесто. Промытые под струей воды, постепенно растворимый крахмал и белки растворяются и выводятся потоком воды. Остается нерастворимое зеленоватое эластичное вещество под названием «глютен», как утверждают французские исследователи Арман Д. и Жермен М. [21, 29].

Также существует иммуноферментный метод определения глютена. Метод основан на обнаружении глиадин (растворимый в спирте белок, получаемый из пшеницы, является одним из составляющих глютена) в подготовленной соответствующим образом пробе путем постановки иммунохимических тестов. Антитела, используемые в иммунологическом методе, реагируют с фракциями белков зерновых культур, обладающих токсичностью для людей с непереносимостью глютена и, в то же время, не реагируют с другими белками зерновых культур или другими компонентами, содержащимися в пищевых продуктах или ингредиентах. Для количественного определения глютена применяются иммуноферментный метод анализа (ИФА) с использованием моноклональных антител R5, специфичных к глютену. Для качественного определения глютена применяют иммунохроматографические тест-полоски.

При иммуноферментном методе анализа определение глютена происходит за счет специфического взаимодействия проламинов пшеницы, ржи и ячменя (глиадинов), которые содержатся в исследуемом материале, с антителами к глиадину, адсорбированными на планшете. К образовавшемуся комплексу «антитело-антиген» добавляют раствор конъюгата, содержащего антитела к глиадину с ферментом. Образуется новый комплекс «антитело-антиген-антитело+

+фермент». После добавления субстрата и хромогена происходит химическое взаимодействие, при котором ферментный фрагмент молекулы конъюгата выступает в качестве катализатора, и образуются окрашенные продукты реакции. В процессе иммунохроматографического анализа реагенты мигрируют по мембране тест-полоски, пропитанной антителами к глиадину в фиксированной и свободной форме. Молекулы глиадина связываются с антителами, нанесенными на подвижные микрокапсулы красного цвета. Образующийся иммунохимический комплекс «антитело-антиген» глиадин с микрокапсулами переносится капиллярными силами по мембране в зону, где нанесены зафиксированные на поверхности антитела к глиадину. В этой части полоски, называемой реакционной зоной, микрокапсулы с глиадином иммуносорбируются антителами на поверхности мембраны, в результате чего на мембране появляется полоска красного цвета. Результат оценивается визуально [7].

Наличие глютена можно выявить и механическим способом, когда извлеченный кусок клейковины прогоняют в центрифуге, не разделяя его. Затем одновременно проводят два измерения в отношении клейковины. Эта операция возможна на агрегате из вдвоенных установок. В отношении одинарной установки при центрифугировании применяют противовес.

После промывания и исключения формирования используют щипцы для ввода клейковины в предусмотренный приемник. Эта операция требует соблюдения осторожности и не должна вытягивать или сжимать клейковину. Интервал между окончанием цикла промывания и началом центрифугирования должен находиться между 20 и 30 секунд. Работа центрифуги запрограммирована на 50 секунд.

После центрифугирования вынимают приемник и проверяют на отсутствие в центрифуге клейковины. С помощью шпателя осторожно соскребают всю клейковину, которая прошла сквозь сито. Взвешивают с точностью до 0.01 г. Оставляют это количество на весах и добавляют клейковину, оставшуюся на сите (внутри приемника) для оценки суммарной массы сырой клейковины. Только ситовую кассету используют для определения глютен-индексов [3].

Результаты патентно-информационного поиска

Согласно патенту на изобретение «Безглютеновый формованный хлеб» (авторы Бекишева Е.Н., Макитова А.Х. и Шмакова С.В.), безглютеновые хлеба изготавливаются из различных вариаций теста, в рецептуру которых могут входить мука рисовая, полуфабрикат закваски рисовой, крахмал картофельный, крахмал кукурузный, волокна пищевые,

гидроксипропилцеллюлоза, соль пищевая, сахар тростниковый, вода питьевая, масло растительное, мука льняная, изолят горохового белка, ксантановая камедь, полуфабрикат семян замоченных, ферментный препарат для безглютеновых изделий, дрожжи хлебопекарные прессованные, мука льняная, полуфабрикат тмина, меласса. Исходные компоненты используются в определенном соотношении.

В патенте приводится несколько рецептов безглютенового хлеба с набором органолептических показателей, анализ которого показывает, что за счет содержания предложенных в рецептуре ингредиентов полученные изделия по форме, пышности и цвету не имеют отличий от глютенных аналогов, запах ароматный в т. ч. чувствуется запах компонентов, и при этом посторонние отталкивающие запахи отсутствуют, вкус выраженный, привкус и кисловатый вкус отсутствует [8].

В патенте «Способ производства обогащенного безглютенового хлеба повышенной пищевой ценности» (авторы Заворохина Н.В., Чугунова О.В. и Лейберова Н.В.) приводится рецептура безглютенового хлеба, употребление которого, способствует повышению защитной функции организма человека к воздействию техногенных факторов и при этом обладающего иммуномоделирующее действие и традиционные вкусоароматические характеристики, которые достигаются за счет вариативности использования обогащающего модуля трех видов: с экстрактом облепихи сухим, с экстрактом шиповника сухим, с порошком ламинарии с размером частиц 0,1 мм. [9].

В патенте Жарковой И.М., Гусинович В.Г., Самохвалова А.А. и др. представлен способ производства безглютенового хлеба «из бесклеяковинного сырья, содержащего амарантовую муку, кукурузный крахмал, сахар-песок, соль поваренную пищевую, дрожжи прессованные хлебопекарные, масло растительное, загуститель, его формование и выпечку».

Данное изобретение позволяет повысить пищевую и биологическую ценность безглютенового хлеба при обеспечении хороших органолептических и физико-химических показателей качества, увеличить срок сохранения свежести безглютенового хлеба, расширить ассортимент безглютеновой продукции [10].

Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А., Росляков Ю.Ф. и Кликонос А.А. зарегистрировали патент производства безглютенового хлеба, который включает приготовление теста из бесклеяковинного сырья, содержащего кукурузный крахмал, сахара-песка, соли поваренной пищевой, дрожжей сухих хлебопекарных, масла растительного, загустителя, его формование и выпечку. Отметим, что бесклеяковинное сырье

дополнительно содержит амарантовую муку, а в качестве загустителя используют ксантановую камедь. Согласно предложенной рецептуре, для получения заявленного результата, необходимо соблюдать заявленное соотношение компонентов [11].

Незаурядный способ приготовления безглютенового хлеба с использованием заквашенного полуфабриката предлагают в своем патенте Дубровская Н.О., Савкина О.А., Кузнецова Л.И. и Парахина О.И. Предложенная рецептура предусматривает замес теста с использованием заквашенного безглютенового полуфабриката влажностью 64–66 %, приготовленного из смеси, состоящей из рисовой и соевой муки в соотношении 2:1, воды и сухого бакконцентрата, а также смеси хлебопекарной мучной бесклеяковинной, растительного масла и дрожжей. Предложенная рецептура позволяет повысить пищевую ценность, улучшить качество безглютенового хлеба, придать ему более яркий гармоничный вкус и запах, повысить микробиологическую стойкость при хранении, а также расширить ассортимент данной продукции [12].

Немиров В.В. в своем патенте раскрывает способ и состав для изготовления безглютенового хлеба, который включает замес теста, брожение, расстойку и выпечку хлеба из теста, содержащего измельченные семена зеленой гречихи, мед, воду, соль и соду. Обращаем внимание на то, что предварительно перед измельчением осуществляются проращивание семян гречихи при поддержании постоянного режима по температуре и освещенности [13].

Дубровская Н.О., Кузнецова Л.И., Парахина О.И. и Савкина О.А. предлагают способ производства безглютенового хлеба с использованием бесклеяковинной смеси. Данный способ включает замес теста из бесклеяковинной смеси, воды, масла подсолнечного и дрожжей, что способствует повышению пищевой ценности, улучшение качества безглютенового хлеба, в результате придания ему более яркого, гармоничного вкуса и запаха, улучшения его структурно-механических свойств повышается микробиологическая стойкость при хранении [14].

И.М. Жаркова, Л.А. Мирошниченко, Ю.Ф. Росляков, А.А. Кликонос предлагают способ производства безглютенового хлеба, включающий приготовление теста из бесклеяковинного сырья, содержащего кукурузный крахмал, сахара-песка, соли поваренной пищевой, дрожжей сухих хлебопекарных, масла растительного, загустителя, его формование и выпечку, при этом бесклеяковинное сырье дополнительно содержит амарантовую муку, а в качестве загустителя используют ксантановую камедь [15].

На основании проведенного анализа патентной базы, вошедшей в данную статью и оставшейся вне ее рамок, можно сформулировать вывод о том, что рассмотренные способы производства безглютенового хлеба дают возможность повысить пищевую ценность безглютенового хлеба при обеспечении хороших органолептических и физико-химических показателей качества; обеспечить профилактическую направленность изделий, исключаящую аллергические реакции, вызываемые пшеничным белком; расширить ассортимент безглютеновой продукции.

Кислотность как показатель качества хлеба и способы определения кислотности

На сегодняшний день хлеб и хлебобулочные изделия являются неотъемлемой частью нашей жизни. Одни выпекают хлеб дома, а другая, большая часть населения покупает хлеб в продуктовых магазинах. Не все задумываются о составе хлеба, который покупают, о его кислотности, содержании клетчатки, жира и углеводов.

Питание, как было отмечено выше, является одним из важных факторов в поддержании здоровья человека. Поступающие в организм продукты питания являются источником энергии для осуществления умственной и физической активности, поддержания постоянной температуры тела, синтеза новых веществ и др. Рекомендации врачей-диетологов нацеливают технологов на создание специализированных продуктов питания для людей, страдающих различными заболеваниями. Е.И. Пономарева, С.И. Лукина отмечают, что применение в рационе таких изделий позволяет достичь положительных результатов. Поскольку хлеб ежедневно употребляется практически всем населением, то перспективным направлением развития ассортимента хлебобулочных изделий является совершенствование существующих и разработка новых специализированных рецептов для различных групп населения, обогащенных питательными веществами, необходимых для правильной работы организма человека. При некоторых заболеваниях, например, желудочно-кишечного тракта врачи рекомендуют отказаться от продуктов питания окислительного характера, таким образом, актуализируется проблема разработки хлебобулочных изделий с пониженной кислотностью [27, 159].

Гурьев С.С. разделяет зависимость кислотности муки по содержанию, во-первых, она зависит от белков, карбоксильные группы которых связывают щелочи. Во-вторых, от количества жирных кислот, освобождающихся под действием липаз. Кроме того, кислотность муки зависит от содержания фосфорной кислоты, которая в различной форме содержится в муке, и органических кислот, находящихся в муке в незначительных количествах [23, 470].

Анашкина П.Ж. в своем исследовании безглютеновых видов муки для производства хлебобулочных изделий отмечает, что мука с повышенной кислотностью может привести к увеличению кислотности готовых изделий. Изделия из муки с повышенной кислотностью получаются более кислыми и пониженным удельным объемом [20].

В своих исследованиях, посвященных определению кислотности различных сортов хлеба, Дубровский Д.А. отмечает, что мука низших сортов имеет большую кислотность, чем мука высших сортов. Для подкисления пищевых продуктов применяется яблочная, винная, молочная, уксусная, лимонная и другие кислоты. Почти все они входят в состав естественных вкусовых и ароматических веществ хлеба. Но кислотность хлеба в основном обусловлена продуктами, получаемыми в результате брожения теста. Показатель кислотности хлеба характеризует качество хлеба. По этому показателю можно судить о правильности ведения технологического процесса приготовления хлеба. Титруемая кислотность хлеба выражается в градусах Неймана (Н). Под градусом кислотности понимают объем в кубических сантиметрах раствора точной молярной концентрации 1 моль/л гидроксида натрия или гидроксида калия, необходимый для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 г. изделия. Ее определяют, титруя испытуемый раствор щелочью в присутствии индикатора (фенолфталеина) до появления бледнорозовой окраски [24, 26].

Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, подводя итоги своих исследований, формулируют вывод, что одним из способов понижения кислотности хлебобулочных изделий является применение электроактивированного водного раствора (ЭВР). Изменяя параметры воды вносимой при замесе, можно корректировать свойства уже готовых изделий, в том числе для профилактического питания. Электрохимическая активация воды – процесс перевода её в метастабильное состояние, выраженное в структурно-энергетических изменениях в электрическом поле.

Исследования Пономаревой Е.И. показали, что кислотность образцов менялась в зависимости от используемой муки, ее количества и стартовой культуры. В основе традиционных технологий хлебобулочных изделий лежат процессы, неразрывно связанные с биотехнологией. Они основаны на использовании различных видов заквасок. Микроорганизмы, в том числе дрожжи и молочнокислые бактерии, влияют на кислотность хлеба [6, 30].

Исследуя свойства закваски С.С. Гурьева, В.С. Попова пришли к выводу об изменении потребительских предпочтений у населения:

все чаще при предпочтение отдается не традиционным видам хлеба, а, например, сдобе, багетам, хлемам с отрубями, семенами льна и т. д. В качестве исследуемых видов муки выбраны мука из зеленой гречихи и чечевичная мука. Данные виды муки содержат больше белков, витаминов, незаменимых аминокислот и минеральных веществ, чем пшеничная мука. Титруемую кислотность они определяли титрованием 5 г разведенной в 50 см³ дистиллированной воды закваски 0,III гидроокисью натрия в присутствии индикатора. В ходе исследования определялся ряд показателей до и после брожения в исследуемых полуфабрикатах, а именно кислотность и содержание редуцирующих сахаров, увеличение объема. Кроме того, были определены органолептические показатели полученных полуфабрикатов. Кислотность до термостатирования растет с увлечением количества муки из зеленой гречихи или чечевичной муки, вводимой в закваску. Это объясняется их большей кислотностью, а также высоким содержанием. Кислотность муки, во-первых, зависит от белков, карбоксильные группы которых связывают щелочи. Во-вторых, от количества жирных кислот, освобождающихся под действием липаз. Кроме того, кислотность муки зависит от содержания фосфорной кислоты, которая в различной форме содержится в муке, и органических кислот, находящихся в муке в незначительных количествах [23].

В случае с мукой из зеленой гречихи конечная кислотность растет с увеличением количества вводимой муки. Закваски на стартовой культуре LV4 имеют большую кислотность, чем на стартовой культуре LV1. Наибольшее накопление кислот происходит в случае с введением 50 % муки из зеленой гречихи (№ 4, 8) для обеих стартовых культур. Для образцов с чечевичной мукой также наблюдается большая кислотность у образцов с культурой LV4. Наибольшее накопление кислот происходит с введением 25 и 50 % чечевичной муки (№ 11, 12, 15, 17) для обеих стартовых культур [23].

В своем исследовании Дубровский Д.А., анализируя несколько видов муки, выявил, что мука низших сортов имеет большую кислотность,

чем мука высших сортов. Для подкисления пищевых продуктов применяют яблочную, винную, молочную, лимонную и другие кислоты, они входят в состав естественных вкусовых и ароматических веществ хлеба. Но кислотность хлеба в основном обусловлена продуктами, получаемыми в результате брожения теста. Показатель кислотности хлеба характеризует качество хлеба. По этому показателю можно судить о правильности ведения технологического процесса приготовления хлеба, о вкусовых и гигиенических показателях. Кислотность выражается в градусах. Под градусом кислотности понимают объем в кубических сантиметрах раствора точной молярной концентрации 1 моль/дм³ 3 гидроокиси натрия или гидроокиси калия, необходимый для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 г. изделий. Согласно стандартам максимальная норма кислотности для отдельных сортов хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной колеблется в пределах 9 – 12 град, а для хлебобулочных изделий из пшеничной муки – 2 – 6 град в зависимости от сорта хлебобулочных изделий.

В ГОСТ 27493–87 «Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке» описан метод определения кислотности [1, 4], а ГОСТ 5670–96 предлагает способ определения кислотности хлебобулочных изделий массой более 0,5 кг. [1, 32].

Моделирование процесса нарастания кислотности безглютенового хлеба от вводимых рецептурных добавок

В эксперименте изучалось накопление кислот в процессе приготовления безглютенового хлеба с использованием следующих рецептурных добавок и технологических компонентов: сыворотка молочная (фактор X₁); льняная мука (фактор X₂); дрожжи сухие хлебопекарные (X₃).

В качестве отклика (Y) была рассмотрена кислотность хлебного мякиша, полученного по следующей рецептуре: мука гречишная (вместе с льняной) – 500 г.; вода (вместе с сывороткой) – 300 мл; яйцо куриное – 2 шт.; соль поваренная – 10 г.; сахар – 30 г.; масло растительное – 30 мл; дрожжи сухие хлебопекарные – 6–10 г. Значения уровней факторов и интервалов варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Значения уровней факторов и интервалов варьирования в натуральных и кодированных величинах
Table 1.

Values of factor levels and intervals of variation in natural and coded values

Показатель Indicator	X ₁		X ₂		X ₃	
	натуральное значение, % natural value, %	кодированное значение coded value	натуральное значение, мг/дм ³ natural value, mg/l	кодированное значение coded value	натуральное значение, час natural value, h	кодированное значение coded value
Основной уровень Basic level	150	0	150	0	8	0
Интервал варьирования Variation interval	100	–	50	–	2	–
Нижний уровень Lower level	50	–1	100	–1	6	–1
Верхний уровень Upper level	250	1	200	1	10	1

На каждом из выбранных уровней была проведена серия из пяти экспериментов. Определение кислотности хлебного мякиша определяли согласно ГОСТ 5670–96 Хлебобулочные изделия.

Методы определения кислотности (п. 5.1.2). В таблице 2 представлены результаты выполненных экспериментов в пятикратной повторности для определения воспроизводимости опытов.

Таблица 2.

Эксперимент для проверки воспроизводимости опытов

Table 2.

Experiment to check the reproducibility of experiments

Серия	Series	№ опыта	Experiment	X ₁	X ₂	X ₃	Y, град
1		1		1	1	1	12,2
		2		1	1	1	12,4
		3		1	1	1	12,7
		4		1	1	1	12,1
		5		1	1	1	12,3
2		1		-1	-1	-1	8,4
		2		-1	-1	-1	8,7
		3		-1	-1	-1	8,4
		4		-1	-1	-1	9,1
		5		-1	-1	-1	8,2
3		1		0	0	0	10,3
		2		0	0	0	10,7
		3		0	0	0	10,9
		4		0	0	0	10,8
		5		0	0	0	11,4

На основании данных таблицы 2 была составлена матрица планирования полного факторного эксперимента, которая представлена в таблице 3.

Таблица 3.

Матрица планирования полного факторного эксперимента

Table 3.

Full factorial experiment planning matrix

№ опыта	X ₁	X ₂	X ₃	Значения Y _{1эксп} , град
1	1	1	1	12,9
2	1	1	-1	12,4
3	1	-1	1	9,8
4	1	-1	-1	9,3
5	-1	1	1	9,7
6	-1	1	-1	9,5
7	-1	-1	1	8,6
8	-1	-1	-1	8,3

Для каждой серии параллельных опытов вычисляют среднее арифметическое значение, используя формулу 1.1.

$$\bar{y} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k Y_{j,i},$$

j – номер серии параллельных опытов; k – число параллельных опытов, проведенных при одинаковых условиях; Y_(j,i) – текущее значение параметра оптимизации i го опыта j й серии.

Из данных каждого эксперимента, представленного в таблице 2, находим среднее значение:

Серия	1	2	3
Среднее значение изучаемого фактора, град	12,34	8,56	10,82

Для каждой серии параллельных опытов вычисляется оценка дисперсии по формуле (1.2):

$$s_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum (Y_{j,i} - \bar{y}_j)^2.$$

Пример расчета по формуле 1.2:

Серия	1	2	3
Дисперсия среднего значения изучаемого фактора	0,11	0,25	0,31

Для оценки воспроизводимости опытов определяют значение критерия Кохрена. Расчетное значение критерия Кохрена G_p находят из отношения максимальной оценки дисперсии к сумме всех дисперсий по формуле (1.3):

$$G_p = \max_j s_j^2 / \sum_{j=1}^N s_j^2.$$

Расчетное значение критерия Кохрена рассчитывают по формуле (1.3):

$$G_p = \frac{12.34}{(12.34 + 8.56 + 10.82)} = 0,471.$$

Если выполняется условие, что расчетное значение меньше табличного, то опыты считаются воспроизводимыми, а оценки дисперсий однородными. Расчетное значение критерия Кохрена (0,471) меньше 0,746 (табличное значение для данного числа опытов и повторностей) соответственно опыты воспроизводимы, дальнейшая обработка данных возможна.

Оценка дисперсии воспроизводимости:

$$n = \frac{1}{3} \times (0,11 + 0,25 + 0,31) = 0,222.$$

Связанное с ней число степеней свободы – 6.

Оценка дисперсии среднего значения:

$$n = \frac{0,222}{3} = 0,074$$

Связанное с ней число степеней свободы – 6.

Для расчета коэффициентов математической модели зависимости кислотности мякиша хлеба от количества вносимых рецептурных компонентов используем матрицу планирования полного факторного эксперимента.

$$b_0 = \frac{1}{8} \times (12,9 + 12,4 + 9,8 + 9,3 + 9,7 + 9,5 + 8,6 + 8,3) = 10,063$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \times (12,9 + 12,4 + 9,8 + 9,3 - 9,7 - 9,5 - 8,6 - 8,3) = 1,038$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \times (12,9 + 12,4 - 9,8 - 9,3 + 9,7 + 9,5 - 8,6 - 8,3) = 1,063$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \times (12,9 - 12,4 + 9,8 - 9,3 + 9,7 - 9,5 + 8,6 - 8,3) = 0,188$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} \times (12,9 + 12,4 - 9,8 - 9,3 - 9,7 - 9,5 + 8,6 + 8,3) = 0,488$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} \times (12,9 - 12,4 + 9,8 - 9,3 - 9,7 + 9,5 - 8,6 + 8,3) = 0,013$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} \times (12,9 - 12,4 - 9,8 + 9,3 + 9,7 - 9,5 - 8,6 + 8,3) = -0,013$$

Можно видеть, что коэффициенты попарного взаимодействия друг на друга факторов 1 и 3, а также 2 и 3 ничтожно малы и равны друг другу с противоположными знаками, таким образом их влиянием на кислотность образцов безглютенового хлеба можно пренебречь и исключить из итоговой математической модели.

Таким образом, итоговое математическое уравнение описывающее процесс нарастания кислотности образцов хлеба в изучаемых условиях будет иметь вид:

$$Y = 10,063 + 1,038X_1 + 1,063X_2 + 0,188X_3 + 0,488X_1X_2$$

Проведем прогнозирование кислотности безглютенового хлеба согласно полученному уравнению и сравним с опытными данными

Таблица 4.

Прогнозирование кислотности безглютенового хлеба

Table 4.

Predicting the acidity of gluten-free bread

Опыт experience	1	2	3	4	5	6	7	8
У _{опыт.}	12,9	12,4	9,8	9,3	9,7	9,5	8,6	8,3
У _{расч.}	12,84	12,46	9,74	9,36	9,79	9,41	8,64	8,26

Проверка адекватности полученного уравнения проводятся стандартным методом при помощи сравнения табличного и расчетного значений критерия Фишера.

Оценку дисперсии адекватности составляет 0,051.

Найдем расчетное значение критерия Фишера:

$$n = \frac{0,471}{0,051} = 1,44$$

Если табличное значение критерия Фишера (5,99) больше расчетного, то уравнение адекватно.

1,44 < 5,99 – уравнение адекватно.

В результате моделирования была рассчитана математическая модель накопления кислотности безглютенового хлеба в зависимости от рецептурных компонентов: молочной сыворотки, льняной муки и дрожжей. Согласно полученной модели, молочная сыворотка и льняная мука оказывают практически равнозначное влияние на повышение кислотности хлебного мякиша. В тоже время хлебопекарные дрожжи оказывают незначительное влияние на процесс нарастания кислотности. Кроме того, молочная сыворотка и льняная мука оказывают парное влияние на увеличение кислотности, по-видимому, обусловленное синергетическим эффектом активации кислотных компонентов этих видов сырья. Попарное влияние льняной муки и дрожжей, а также молочной сыворотки и дрожжей незначительно, и имеет одинаковые коэффициенты значимости с противоположными знаками, таким образом, устраняя влияние друг друга и не входят в итоговую модель процесса.

Заключение

Хлебобулочные изделия составляют рацион большинства населения мира, в зависимости от культуры потребления в каждом регионе сложились свои традиции его производства и потребления. Не зависимо от места проживания, в мире растет число людей, страдающих непереносимостью пшеничного белка. Поскольку целиакия предполагает пожизненную строгую диету, то ученые всего мира стремятся к тому, чтобы безглютеновые продукты отличались простой рецептурой, были доступными, позволяли разнообразить рацион больных целиакией жизненно необходимыми нутриентами и при этом не вызывали побочных эффектов. В статье представлен анализ влияния кислотности на качество безглютенового хлеба в зависимости от вводимых добавок. Проведен анализ научной литературы и патентной базы позволяет сформулировать вывод об актуальности научных исследований и перспективности производства безглютенового хлеба, в том числе с различными добавками.

- 1 ГОСТ 32677–2014. Изделия хлебобулочные. Термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2019. 32 с.
- 2 ГОСТ 24583–81. Крахмал и крахмалопродукты, Термины и определения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901712251/titles>
- 3 ГОСТ ISO 21415–2–2019 Межгосударственный стандарт. Пшеница и пшеничная мука. Определение содержания клейковины: Определение содержания сырой клейковины и индекса клейковины (глютен-индекса) механическим способом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166727>
- 4 ГОСТ 27493–87 Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке (с Изменением № 1). М.: Стандартинформ, 2007. 4 с.
- 5 ГОСТ 27493–87 Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке (с Изменением № 1). М.: Стандартинформ, 2007. 4 с
- 6 ГОСТ 32677–2014. Изделия хлебобулочные. Термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2019. 32 с.
- 7 МУК 4.1.2880–11. Методы определения глютена в продовольственном сырье и пищевых продуктах. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200090021>
- 8 Пат. № 2753621, RU, A21D 13/066. Безглютеновый формованный хлеб / Бекишева Е.Н., Макитова А.Х., Шмакова С.В. № 2020143357; Заявл. 28.12.2020; Оpubл. 18.08.2021.
- 9 Пат. № 2719729, RU, A21D 13/04. Способ производства обогащенного безглютенового хлеба повышенной пищевой ценности / Заворохина Н.В., Чугунова О.В., Лейберова Н.В. № 2019100956; Заявл. 10.01.2019; Оpubл. 22.04.2020.
- 10 Пат. № 2718517, RU, A21D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба / Жаркова И.М., Густиневич В.Г., Самохвалов А.А. и др. № 2019122617; Заявл. 18.07.2019; Оpubл. 08.04.2020.
- 11 Пат. № 2579257, RU, A21D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба / Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А., Росляков Ю.Ф., Кликонос А.А. № 2015102878/13; Заявл. 28.01.2015; Оpubл. 10.04.2016.
- 12 Пат. № 2662775, RU, A21D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба с использованием заквашенного полуфабриката / Дубровская Н.О., Савкина О.А., Кузнецова Л.И., Парахина О.И. № 2016150133; Заявл. 20.12.2016; Оpubл. 30.07.2018.
- 13 Пат. № 2715592, RU, A21D 13/04. Способ и состав для изготовления безглютенового хлеба / Немиров В.В. № 2019116696; Заявл. 30.05.2019; Оpubл. 02.03.2020.
- 14 Пат. № 2573327, RU, A21D 8/02, 2/36, 13/04. Способ производства безглютенового хлеба с использованием бесклейковинной смеси / Дубровская Н.О., Кузнецова Л.И., Парахина О.И., Савкина О.А. № 2014138401/13; Заявл. 24.09.2014; Оpubл. 20.01.2016.
- 15 Пат. № 2579257, RU, A21D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба / Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А., Росляков Ю.Ф., Кликонос А.А. № 2015102878/13; Заявл. 28.01.2015; Оpubл. 10.04.2016.
- 16 Пат. № 2693092, RU, A21D 13/04, 13/066, 8/02. Способ производства безглютенового хлеба / Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В. № 2019108197; Заявл. 21.03.2019; Оpubл. 01.07.2019.
- 17 Пат. № 2662775, RU, A21D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба с использованием заквашенного полуфабриката / Дубровская Н.О., Савкина О.А., Кузнецова Л.И., Парахина О.И. № 2016150133; Заявл. 20.12.2016; Оpubл. 30.07.2018.
- 18 Пат. № 2718517, RU, A21D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба / Жаркова И.М., Густиневич В.Г., Самохвалов А.А. № 2019122617; Заявл. 18.07.2019; Оpubл. 08.04.2020.
- 19 Пат. № 2573327, RU, A21D 8/02, 2/36, 13/04. Способ производства безглютенового хлеба с использованием бесклейковинной смеси / Дубровская Н.О., Кузнецова Л.И., Парахина О.И., Савкина О.А. № 2014138401/13; Заявл. 24.09.2014; Оpubл. 20.01.2016.
- 20 Анашкина П.Ж., Москвичева Е.В., Тимошенкова И.А., Москвичев А.С. Исследование безглютеновых видов муки для производства хлебобулочных изделий // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 1–1(103). С. 98–104. doi: 10.23670/IRJ.2021.103.1.014
- 21 Арман Б., Жермен М. Пшеница: основы и трансформация. Лаваль пресс Универс, 2000. 439 с.
- 22 Гурова М.М. Аллергия к белку пшеницы и непереносимость глютена (обзор литературы) // *Медицина: теория и практика*. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/allergiya-k-belku-pshenitsy-i-neperenosimost-glyutena-obzor-literatury>
- 23 Гурьев С.С., Попов В.С. Изучение свойств заквасок, приготовленных на основе нетрадиционных видов муки // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51. № 3. С. 470–479. doi: 10.21603/2074–9414–2021–3–470–479
- 24 Дубровский Д.А., Воропаева Т.К. Определение кислотности различных сортов хлеба // *Современные технологии и научно-технический прогресс*. 2005. Т. 1. С. 26–027.
- 25 Houben A., Höchstätter A., Becker T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview // *European Food Research and Technology*. 2012. V. 235. № 2. P. 195–208. doi: 10.1007/s00217-012-1720-0
- 26 Колосова П.И. Определение кислотности хлеба // *Молодежь и наука: шаг к успеху: Сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых*. В 5-ти томах, Курск, 19–20 марта 2020 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 15–16.
- 27 Пономарева Е.И., Лукина С.И., Алтайлы С., Зубкова Е.В. Эффективность применения электроактивированного водного раствора в производстве хлеба пониженной кислотности // *Вестник ВГУИТ*. 2016. № 2(68). С. 158–161. doi: 10.20914/2310–1202–2016–2–158–161
- 28 Bender D., Schönlechner R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties // *Journal of Cereal Science*. 2020. V. 91. P. 102904. doi: 10.1016/j.jcs.2019.102904
- 29 Ngemakwe P.H.N., Le Roes-Hill M., Jideani V.A. Advances in gluten-free bread technology // *Food Science and Technology International*. 2015. V. 21. № 4. P. 256–276. doi: 10.1177/10820132145314
- 30 Ziobro R., Juszczak L., Witczak M., Korus J. Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread // *Journal of food science and technology*. 2016. V. 53. № 1. P. 571–580. doi: 10.1007/s13197-015-2043-5

References

- 1 GOST 32677–2014. Bakery products. Terms and Definitions. Moscow: Standartinform, 2019. 32 p. (in Russian).
- 2 GOST 24583–81. Starch and starch products, Terms and definitions. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901712251/titles> (in Russian).
- 3 GOST ISO 21415–2–2019 Interstate standard. Wheat and wheat flour. Determination of gluten content: Determination of crude gluten content and gluten index (gluten index) mechanically. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200166727> (in Russian).
- 4 GOST 27493–87 Flour and bran. Method for determining acidity by mash (with Change No. 1). Moscow, Standartinform, 2007. 4 p. (in Russian).
- 5 GOST 27493–87 Flour and bran. Method for determining acidity by mash (with Change No. 1). Moscow, Standartinform, 2007. 4 p. (in Russian).
- 6 GOST 32677–2014. Bakery products. Terms and Definitions. Moscow, Standartinform, 2019. 32 p. (in Russian).
- 7 MUK 4.1.2880–11. Methods for the determination of gluten in food raw materials and food products. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200090021> (in Russian).
- 8 Bekisheva E.N., Makitova A.Kh., Shmakova S.V. Gluten-free molded bread. Patent RF, no. 2753621, 2021.
- 9 Zavorokhina N.V., Chugunova O.V., Leiberova N.V. Method for the production of enriched gluten-free bread of increased nutritional value. Patent RF, no. 2719729, 2020.
- 10 Zharkova I.M., Gustinovich V.G., Samokhvalov A.A. et al. Method for the production of gluten-free bread. Patent RF, no. 2718517, 2020.
- 11 Zharkova I.M., Miroshnichenko L.A., Roslyakov Yu.F., Klikonos A.A. Method for the production of gluten-free bread. Patent RF, no. 2579257, 2016.
- 12 Dubrovskaya N.O., Savkina O.A., Kuznetsova L.I., Parakhina O.I. Method for the production of gluten-free bread using fermented semi-finished product. Patent, no. 2662775, 2018.
- 13 Nemirov V.V. Method and composition for the manufacture of gluten-free bread. Patent RF, no. 2715592, 2020.
- 14 Dubrovskaya N.O., Kuznetsova L.I., Parakhina O.I., Savkina O.A. Method for the production of gluten-free bread using a gluten-free mixture. Patent RF, no. 2573327, 2016.
- 15 Zharkova I.M., Miroshnichenko L.A., Roslyakov Yu.F., Klikonos A.A. Method for the production of gluten-free bread. Patent RF, no. 2579257, 2016.
- 16 Zaitseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V. Method for the production of gluten-free bread. Patent RF, no. 2693092, 2019.
- 17 Dubrovskaya N.O., Savkina O.A., Kuznetsova L.I., Parakhina O.I. Method for the production of gluten-free bread using fermented semi-finished product. Patent RF, no. 2662775, 2018.
- 18 Zharkova I.M., Gustinovich V.G., Samokhvalov A.A. Method for the production of gluten-free bread. Patent RF, no. 2718517, 2020.
- 19 Dubrovskaya N.O., Kuznetsova L.I., Parakhina O.I., Savkina O.A. Method for the production of gluten-free bread using a gluten-free mixture. Patent RF, no. 2573327, 2016.
- 20 Anashkina P.Zh., Moskvicheva E.V., Timoshenkova I.A., Moskvichev A.S. Study of gluten-free types of flour for the production of bakery products. International Scientific Research Journal. 2021. no. 1–1(103). pp. 98–104. doi: 10.23670/IRJ.2021.103.1.014 (in Russian).
- 21 Armand B., Germain M. Wheat: fundamentals and transformation. Laval press Universe, 2000. 439 p. (in Russian).
- 22 Gurova M.M. Allergy to wheat protein and gluten intolerance (literature review). Medicine: theory and practice. 2020. no. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/allergiya-k-belku-pshenitsy-i-neperenosimost-glyutena-obzor-literatury> (in Russian).
- 23 Guryev S.S., Popov V.S. Study of the properties of starter cultures prepared on the basis of non-traditional types of flour. Technique and technology of food production. 2021. vol. 51. no. 3. pp. 470–479. doi: 10.21603/2074-9414-2021-3-470-479 (in Russian).
- 24 Dubrovsky D.A., Voropaeva T.K. Determination of acidity of different types of bread. Modern technologies and scientific and technical progress. 2005. vol. 1. pp. 26–027. (in Russian).
- 25 Houben A., Höchstötter A., Becker T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. European Food Research and Technology. 2012. vol. 235. no. 2. pp. 195–208. doi:10.1007/s00217-012-1720-0 (in Russian).
- 26 Kolosova P.I. Determination of the acidity of bread. Youth and science: a step towards success: Collection of scientific articles of the 4th All-Russian scientific conference of promising developments of young scientists. In 5 volumes, Kursk, March 19–20, 2020. Kursk, Southwestern State University, 2020, pp. 15–16. (in Russian).
- 27 Ponomareva E.I., Lukina S.I., Altayuly S., Zubkova E.V. The effectiveness of the use of electroactivated aqueous solution in the production of bread with low acidity. Proceedings of VSUET. 2016. no. 2(68). pp. 158–161. doi: 10.20914/2310-1202-2016-2-158-161 (in Russian).
- 28 Bender D., Schönlechner R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. Journal of Cereal Science. 2020. vol. 91. pp. 102904. doi: 10.1016/j.jcs.2019.102904
- 29 Ngemakwe P.H.N., Le Roes-Hill M., Jideani V.A. Advances in gluten-free bread technology. Food Science and Technology International. 2015. vol. 21. no. 4. pp. 256–276. doi: 10.1177/10820132145314
- 30 Ziobro R., Juszczak L., Witczak M., Korus J. Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. Journal of food science and technology. 2016. vol. 53. no. 1. pp. 571–580. doi: 10.1007/s13197-015-2043-5

Сведения об авторах

Владимир Г. Попов д.т.н., профессор, кафедра товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Россия, popovvg@tyuiu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

Нурсафа Г. Хайруллина д.с.н., профессор, кафедра маркетинга и муниципального управления, Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Россия, hajrullinang@tyuiu.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7290-3290>

Хадия Н. Садыкова к.с.н., доцент, кафедра экономики и организации производства, Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Россия, sadykovahn@tyuiu.ru

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vladimir G. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of Commodity Science and Food Technology, Industrial University of Tyumen, Volodarski Str., 38, Tyumen, 625000, Russia, popovvg@tyuiu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

Nursafa G. Hajrullina Dr. Sci. (Soc.), professor, Department of Marketing and Municipal Management, Industrial University of Tyumen, Volodarski Str., 38, Tyumen, 625000, Russia, hajrullinang@tyuiu.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7290-3290>

Hadia N. Sadykova Cand. Sci. (Econ.), Assist. professor, Department of Economics and Organization of Production, Industrial University of Tyumen, Volodarski Str., 38, Tyumen, 625000, Russia, sadykovahn@tyuiu.ru

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/04/2022	После редакции 12/05/2022	Принята в печать 22/06/2022
Received 20/04/2022	Accepted in revised 12/05/2022	Accepted 22/06/2022