

Для корреспонденции

Федотова Ольга Борисовна – доктор технических наук,
заведующая лабораторией молочных консервов
ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт молочной промышленности»
Адрес: 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, д. 35, корп. 7
Телефон: (499) 236-02-36
E-mail: vnimi-fedotova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7348-6019>

Федотова О.Б.¹, Макаркин Д.В.², Соколова О.В.³, Дунченко Н.И.⁴

Разработка и исследования пищевой и биологической ценности и потребительских свойств кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен

The development and investigation of nutritive and biological value and consumer properties of the fermented dairy product with flour free from glute

Fedotova O.B.¹, Makarkin D.V.², Sokolova O.V.³, Dunchenko N.I.⁴

- 1 ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», Москва, Россия
 - 2 АО «ПРОГРЕСС», Липецк, Россия
 - 3 ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия
 - 4 ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия
- 1 All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Moscow, Russia
 - 2 PROGRESS, Lipetsk, Russia
 - 3 V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
 - 4 Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Разработка кисломолочных продуктов сложного сырьевого состава, в частности включающих крупяные добавки, но не содержащих глютен, наиболее полно отвечающих критериям здорового питания, является актуальной задачей.

Цель – разработка нового многокомпонентного кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен.

Материал и методы. В качестве основных сырьевых компонентов использовали молоко и муку для продуктов детского питания тонкого помола (гречневая, рисовая, кукурузная и их сочетания); закваска прямого внесения для кисломолочных продуктов. Проведено измерение активной и титруемой кислотности, массовой доли белка, жира, санитарно-микробиологических показателей.

Для цитирования: Федотова О.Б., Макаркин Д.В., Соколова О.В., Дунченко Н.И. Разработка и исследования пищевой и биологической ценности и потребительских свойств кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен // *Вопр. питания*. 2019. Т. 88, № 2. С. 101–110. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10023.

Статья поступила в редакцию 17.10.2018. Принята в печать 13.03.2019.

For citation: Fedotova O.B., Makarkin D.V., Sokolova O.V., Dunchenko N.I. The development and investigation of nutritive and biological value and consumer properties of the fermented dairy product with flour free from glute. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (2): 101–10. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10023. (in Russian)

Received 17.10.2018. Accepted 13.03.2019.

а также блок органолептических исследований. Кроме того, проведено определение содержания аминокислот по методике ВНИИМП им. В.М. Горбатова, жирнокислотного состава, содержания глютена с использованием метода полимеразной цепной реакции.

Результаты и обсуждение. Разработан комплекс требований к продукту, проведены исследования, позволившие определить дозировку смеси муки трех выбранных видов. Совокупная массовая доля муки в составе кисломолочного продукта с мукой не превышает 5%. Варьирование позволяет создавать ассортиментный ряд продукта, содержащий различную массовую долю муки и различный состав мучной составляющей. Осуществлен типологический подбор заквасочных культур для сквашивания композиций, позволяющих получить образцы с требуемыми органолептическими, в частности вязкостными, характеристиками. Продукт обладает характерным кисломолочным приятным вкусом, запахом и ароматом с тоном применяемой муки и вязко-текучей консистенцией. Выбран тип закваски на основе термофильного стрептококка и болгарской палочки. Титр молочнокислой микрофлоры во всех образцах продукта превышал минимально требуемый для кисломолочных продуктов и составил не менее 6×10^7 КОЕ/см³. Определение содержания глютена доказало его отсутствие во всех опытных образцах, что свидетельствует о достижении поставленной цели. Исследование аминокислотного состава показало, что содержание незаменимых аминокислот в составе белка экспериментальных образцов продукта составило от 160 до 210 мг/100 г в зависимости от композиций применяемой муки. Лимитирующей аминокислотой всех экспериментальных образцов являлся изолейцин. Рассчитанный коэффициент утилитарности в экспериментальных образцах выше по сравнению со сквашенным молоком (контроль) на 9–12%, что свидетельствует о повышении биологической ценности разработанного продукта. Готовый кисломолочный продукт с мукой в небольших количествах содержит арахидоновую (1,2%) и линолевую (3,0%) кислоты, которые относятся к ω -6 полиненасыщенным жирным кислотам.

Заключение. Изложен методологический подход к созданию многокомпонентного продукта, заключающийся в том, что он рассматривается как биосистема, каждый ингредиент которой вносит определенный вклад в его требуемый комплекс свойств. При использовании данного подхода стратегически реализуется возможность совмещения компонентов животного (молоко) и растительного (мука злаковых и крупяных культур) происхождения в целостную пищевую биосистему с целевым спектром полезных свойств.

Ключевые слова: кисломолочный продукт, без глютена, пищевая ценность, дерево принятия решений, проектирование качества и безопасности продукта

The development of fermented dairy products with complex raw material composition, in particular, including cereal components, but not containing gluten, that most fully meet the criteria for a healthy diet, is actual.

The aim – the development of a new multi-component fermented dairy product with flour free from gluten.

Material and methods. Milk and fine flour mixture for baby foods (buckwheat, rice, corn and their composition); DVS starter for fermented dairy products were used as the basic raw material components. Active and titratable acidity, mass fraction of protein, fat, microbiological indexes have been measured as well as the block of organoleptic tests has been used. Besides this, amino acids' amount as well as fat acid composition and gluten level (using PCR) have been determined.

Results and discussion. A set of requirements to the product has been developed, the studies have been conducted, which made it possible to determine the dosage of the flour mixture of three selected species. The total mass fraction of flour in the fermented dairy product with flour didn't exceed 5%. The variation makes it possible to create an assortment of a product with different content of flour and different composition of flour constituent. The typological selection of the starter cultures has been carried out in order to obtain samples with the required organoleptic, particularly, viscous characteristics. The product possessed the typical fermented pleasant taste, odor and aroma with the tone of flour used, and viscous-flow consistency. The starter based on *Staphylococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* has been chosen. The titre of lactic microflora in all samples of the product exceeded the lowest required for fermented dairy products and composed no less 6×10^7 CFU/cm³. The determination of gluten content proved its absence in all test samples that evidenced about the achievement of the assigned task. The analysis of amino acids composition of the product samples showed that proteins contained essential amino acids from 160 to 210 g/100 g depending on the used flour combinations. It was determined that limiting amino acid of all test samples was isoleucine. The calculated coefficient of utility in the test samples was higher comparing to the fermented milk (control) by 9–12% that indicated an increase in the biological value of the developed product. The finished fermented dairy product with flour contained arachidonic (1.2%) and linoleic (3.0%) acids which relate to ω -6 PUFA in small amounts.

Conclusion. The proposed methodological approach to the development of multi-component products consisted in the fact that it was considered as a bio-system, each ingredient of which contributed to its desired set of properties. Using the mentioned approach, strategically, it is possible to combine the components of animal (milk) and vegetable (flour of cereals and grain cultures) origin into the whole food biosystem with the target spectrum of useful properties.

Keywords: fermented dairy product, gluten free, nutritive value, decision tree, product quality and safety design

Согласно концепции здорового питания РФ на период до 2020 г. (Распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 № 1873-р), одной из приоритетных целей государственной политики является сохранение и укрепление здоровья населения и профилактика ряда заболеваний, связанных с несбалансированным питанием. Важным критерием здорового питания является

высокая биодоступность пищевых веществ и витаминов при сравнительно небольшой калорийности продукта.

Лидирующей группой, отвечающей этим требованиям, является сегмент молочной продукции, в частности кисломолочные продукты. За счет высокого титра содержания живых молочнокислых микроорганизмов кисломолочные продукты обладают безусловным функ-

циональным потенциалом. В исследованиях ряда авторов показано, что кисломолочные продукты позитивно влияют на состав кишечной микробиоты, подавляя действие патогенной микрофлоры [1, 2]. Они не только направленно воздействуют на функционирование желудочно-кишечного тракта, но и способствуют лучшему усвоению микроэлементов, витаминов, лактозы. Кроме того, в процессе ферментации молока за счет частичного гидролиза повышается биологическая ценность белков, входящих в его состав.

На сегодняшний день существует значительное количество кисломолочных продуктов, основное место в линейке которых занимают национальные: кефир, простокваша, ацидофилин, ряженка, варенец, сметана, творог и др. Тем не менее наблюдается очевидная тенденция обогащения таких продуктов пребиотиками, витаминами, макро- и микроэлементами, пищевыми волокнами и прочими ингредиентами с целью придания им дополнительных функциональных свойств [3]. Одновременно появляются многокомпонентные продукты на молочной основе либо с использованием молочной составляющей, которые предназначены для диетического профилактического питания различных групп населения [4, 5].

Классические сочетания – это молочная составляющая с фруктовыми ингредиентами, овощными компонентами, с экстрактами растительных объектов [6]. На территории России традиционным сочетанием считается комбинация молочных, в частности кисломолочных, напитков с такими продуктами, как хлеб. У российских потребителей исторически сформирован вкусовой приоритет к употреблению в пищу одновременно молочных и мучных продуктов. Некоторые производители молочной продукции следуют за тенденцией создания ассортимента подобных кисломолочных продуктов комбинированного состава [7]. К настоящему моменту большой популярностью у производителей молочной продукции пользуются разнообразные зернобобовые и крупяные добавки, которые в основном используются в качестве источников пищевых волокон [8]. Некоторые из применяемых добавок, в частности на основе пшеницы, содержат глютен. Он может содержаться и в муке других культур, которые, теоретически, глютен не содержат (например, овсе). Это является следствием загрязнения клейковиной, которая попала на стадиях выращивания, сбора и обработки. Глютен представляет собой нерастворимый в воде комплекс белков с малым содержанием липидов, сахаров и минеральных веществ. Глютен является потенциальным аллергеном. В группу риска по непереносимости глютена (целиакия) входят в основном дети [9–11]. Некоторые авторы отмечают, что безглютеновую диету должны соблюдать не только пациенты с диагностированными заболеваниями, но и значительный контингент клинически здоровых людей с целью предотвращения развития в перспективе ряда заболеваний [10].

Используемые в кисломолочных продуктах компоненты могут выполнять различные функции, в частности, дополнять состав продукта незаменимыми аминокисло-

тами, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами, микро- и макроэлементами. Как правило, в качестве источника пищевых волокон злакового происхождения используют пшеничные отруби, которые, как говорилось выше, содержат глютен. В зарубежных странах достаточно широко распространены безглютеновые продукты, на которые нанесена специализированная маркировка. Однако в России подобная практика отсутствует. Разрабатываются новые виды хлеба и мучных кондитерских изделий для безглютеновой диеты с использованием гречневой, рисовой, кукурузной, льняной, амарантовой, нутовой муки, муки из лебеды и некоторых других. В связи с этим одной из актуальных задач отечественной пищевой промышленности является разработка инновационных технологий безглютеновых продуктов, в том числе многокомпонентных. Разработка кисломолочных продуктов нетрадиционного состава позволяет существенно расширить существующий ассортимент продукции данной категории [12–14].

Цель данной работы – разработка многокомпонентного кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен, и определение его пищевой и энергетической ценности.

Для реализации поставленной цели был разработан алгоритм, оформленный в виде дерева принятия решений, характеризующий комплекс требований к разрабатываемому продукту (рис. 1). В разработанном совокупном комплексе требований предусмотрено соответствие проектируемого продукта требованиям четырех регламентов Таможенного союза: ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»; ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»; ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»; ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Кроме того, учтены требования в части физико-химических, органолептических, микробиологических, реологических свойств и потребительских предпочтений.

Материал и методы

Объектами исследования являлись: молоко сухое по ГОСТ 33629-15, восстановленное водой питьевой по СанПиН 2.1.4.1074; смесь муки следующего состава: мука гречневая по ГОСТ 31645-2012, мука рисовая по ГОСТ 31645-2012, мука кукурузная по ГОСТ 14176-69 с изм. № 3 и их сочетания (использована мука для продуктов детского питания тонкого помола, поскольку базисным требованием к разработке являлось использование безглютеновых злаковых композиций), мальтодекстрин по ТУ 9189-010-27291178-2010, инулин по ТУ 10.62.11-140-00334735-2017, закваска прямого внесения для кисломолочных продуктов – *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp.*

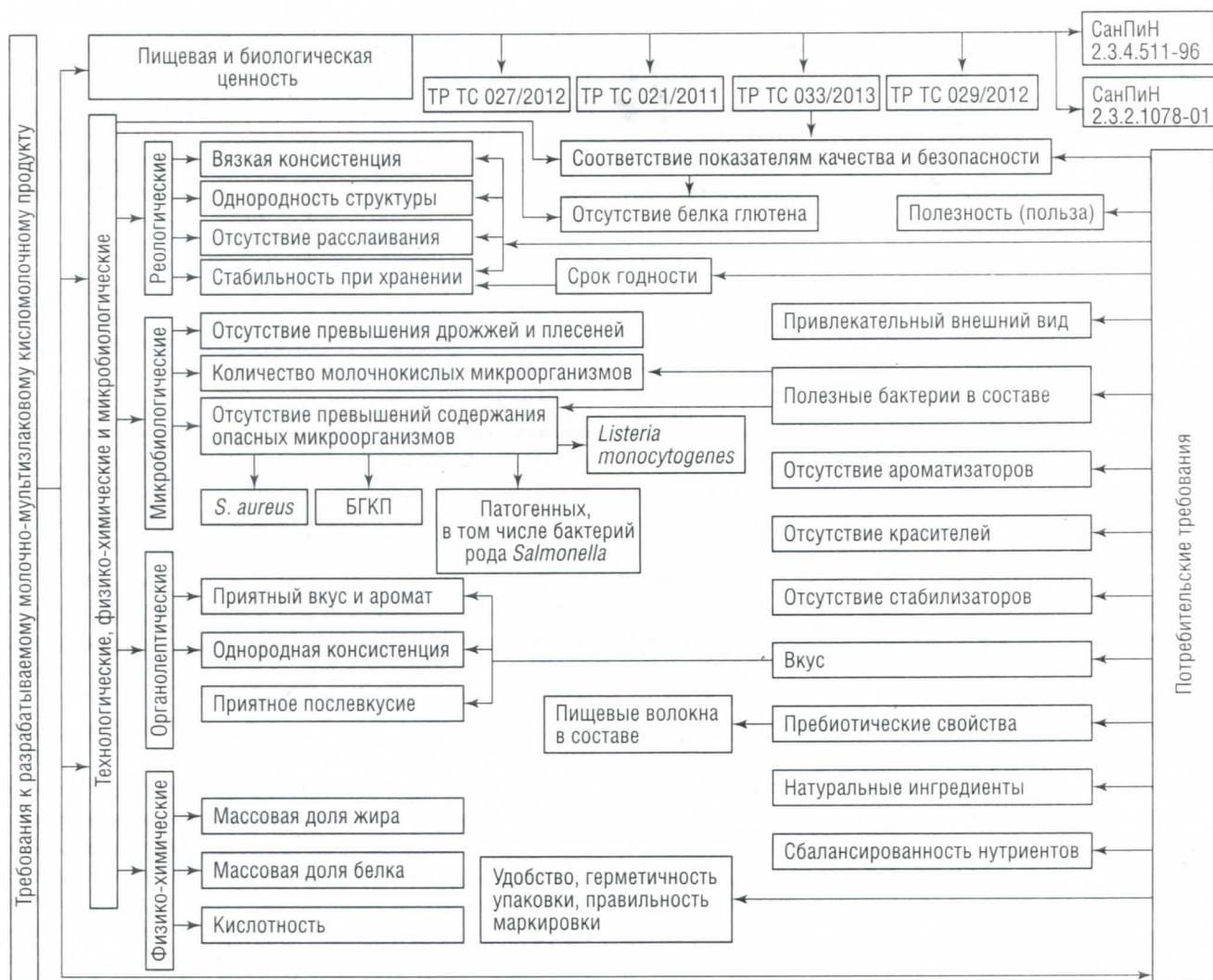


Рис. 1. Комплекс требований к разрабатываемому продукту

bulgaricus (комплексная закваска для йогурта) (Chr. Hansen, Дания), а также образцы сквашенных молочных продуктов с мукой. Условные обозначения и состав экспериментальных образцов приведены в табл. 1.

Активную кислотность образцов определяли в соответствии с ГОСТ 32892-2014 с использованием pH-метра-

милливольтметра типа pH-150 МА. Изменение активной кислотности образцов в течение сквашивания определяли на компьютеризированном приборе (DASGIP, Германия), оснащённом параллельными биореакторами.

Титруемую кислотность определяли согласно ГОСТ Р 54669-2011.

Таблица 1. Условные обозначения и состав экспериментальных образцов

Условное обозначение	Состав экспериментальных образцов	Условное обозначение	Состав экспериментального образца
1	Молоко (контрольный образец)	1 к/м	Сквашенное молоко (контрольный кисломолочный образец)
2	Молоко с гречневой мукой	2 к/м	Сквашенное молоко с гречневой мукой
3	Молоко с рисовой мукой	3 к/м	Сквашенное молоко с рисовой мукой
4	Молоко с кукурузной мукой	4 к/м	Сквашенное молоко с кукурузной мукой
5	Молоко со смесью гречневой и рисовой муки	5 к/м	Сквашенное молоко со смесью гречневой и рисовой муки
6	Молоко со смесью гречневой и кукурузной муки	6 к/м	Сквашенное молоко со смесью гречневой и кукурузной муки
7	Молоко со смесью рисовой и кукурузной муки	7 к/м	Сквашенное молоко со смесью рисовой и кукурузной муки
8	Молоко со смесью гречневой, рисовой и кукурузной муки	8 к/м	Сквашенное молоко со смесью гречневой, рисовой и кукурузной муки

Степень синерезиса определяли методом отстаивания проб как отношение отделившейся жидкости к общему объему пробы и выражали в %.

Для проведения микробиологических анализов приготавливали ряд десятикратных разведений и производили посевы в дифференциально-диагностические среды в соответствии с методиками выявления микроорганизмов.

Определение количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАММ) и бактерий группы кишечных палочек (БГКП) проводили в соответствии с ГОСТ 32901-14; молочнокислых микроорганизмов – по ГОСТ 10444.11-2013 и 33951-16; дрожжей и плесеней – по ГОСТ 33566-12; *S. aureus* – по ГОСТ 30347-16; *L. monocytogenes* – по ГОСТ 32031-12; бактерий рода *Salmonella* – согласно ГОСТ 31659-12.

Массовую долю белка определяли по ГОСТ Р 53951-2010 методом Кельдаля, углеводов – по ГОСТ Р 54667-2011, жира – по ГОСТ 31633-2012 фотоколориметрически.

Анализ содержания аминокислот выполняли по методике ВНИИМП им. В.М. Горбатова МВИ № 02-2002 на аминокислотном анализаторе типа LC 3000 (Eppendorf-Biotronic, Германия). Для разделения аминокислот использовали буферную систему в соответствии с нормативной документацией, приложенной к анализатору. Методика определения аминокислот включает постановку специализированных пластиковых емкостей с аликвотой анализируемой пробы объемом 20 мкм³ в штатив автоматического инжектора, оборудованный термостатом. Разделение аминокислот происходит в автоматическом режиме, обусловленном заданной программой, после разделения аминокислот исследуемый раствор поступает в секцию термостатного реактора, в котором происходит цепная реакция и окрашивание. Окрашенный раствор подается в ультрафиолетовый детектор, в котором в автоматическом режиме происходит регистрация и запись аминокислот. Данный метод позволяет определять за один анализ наличие до 17 аминокислот при их минимальном содержании от 0,5 мкмоль/см³ (погрешность измерения при этом составляет до 10%). Для количественной оценки содержания отдельных аминокислот использовали метод сравнения площади пиков полученных аминокислот с площадями пиков стандартных смесей аминокислот. Расчет проводили с применением интегрирующих систем Winpeak (Eppendorf-Biotronic, Германия).

Для оценки степени утилизации разрабатываемого продукта, т.е. уровня его усвояемости организмом, определяли его аминокислотный скор с использованием стандартных подходов к расчетам биологической ценности.

Жирнокислотный состав образцов определяли по ГОСТ 32915-2014 и ГОСТ 31665-2012 с использованием газового хроматографа «Shimadzu GC-2014» (Shimadzu, Япония) с пламенно-ионизационным детектором.

Содержание глютена определяли методом полимерной цепной реакции по ГОСТ 31719-2012 косвенно

по наличию ДНК пшеницы мягких и твердых сортов. В качестве маркеров использовали ДНК, содержащуюся в митохондриях и хлоропластах.

Органолептическую оценку образцов осуществляли согласно ГОСТ ISO 13299-2001.

Результаты и обсуждение

Разрабатываемый продукт рассматривался нами как биосистема, каждый ингредиент которой должен вносить определенный вклад в его требуемые свойства. При этом, с одной стороны, дефицит каких-либо пищевых веществ в одном из компонентов компенсируется наличием этих веществ в другом компоненте, а с другой стороны, арифметически эффекты этой компенсации по ряду качественных показателей не суммируются.

При разработке новых продуктов определяющими являются 3 аспекта: технологический, контроль качества и аспект пищевой безопасности, т.е. отсутствие определенных групп микроорганизмов, представляющих угрозу для здоровья человека, в конкретных объемах (массах) пищевого продукта. Эти аспекты тесно взаимосвязаны, и невозможно рассматривать отдельно, к примеру, пищевую безопасность и технологические особенности производства.

Что касается технологических аспектов, при разработке новых кисломолочных продуктов с мукой определяющим является выбор и совершенствование таких технологических процессов и приемов, которые обеспечивают получение продукта с высокими потребительскими свойствами и рациональную длительность протекания процесса. Таким образом, было необходимо выработать кисломолочный продукт при изменении состава его основы от молочной до сложной молочной с тремя видами муки, и при этом он должен обладать гомогенной консистенцией, приятным вкусом и запахом; мука должна равномерно распределяться в молоке, не комковаться, не подвариваться при повышении температуры процесса и прочее. Используемые заквасочные культуры должны одновременно, в требуемом направлении и в рациональные сроки сквашивать смесь молока со смесью муки различных культур.

Рецептуры продукта (в соответствии с заявкой на патент № 2017109645 «Способ производства ферментированного молочного продукта с мукой», положительное решение от 14.12.2018) предусматривает варьирование соотношений рисовой, гречневой и кукурузной муки в пределах от 0 до 100% по отношению к общей массе вносимой муки. При этом совокупная массовая доля муки в составе кисломолочного продукта с мукой не превышает 5%. Варьирование позволяет создавать ассортиментный ряд продукта, содержащий различную массовую долю муки и различный состав мучной составляющей.

Были проведены комплексные исследования, позволившие определить дозировку смеси муки трех выбранных видов в молоке и осуществить типологический под-

бор заквасочных культур для сквашивания композиций молока и муки, позволяющих получить образцы с требуемыми органолептическими свойствами и вязкостными характеристиками.

Для исследования изначально были созданы 48 образцов с различным составом, в результате их комплексной органолептической оценки, микробиологического исследования и технологических отметок о возможности практической реализации спектр образцов был уменьшен. В результате выполнения данного этапа выбран тип закваски на основе термофильного стрептококка и болгарской палочки [15]. Титр молочнокислой микрофлоры во всех образцах превышал минимально требуемый для кисломолочных продуктов и составил не менее 6×10^7 КОЕ/см³. Причем наибольший титр был отмечен в образцах с использованием гречневой муки и смеси гречневой и рисовой муки, а также смеси рисовой, гречневой и кукурузной муки.

При органолептическом исследовании образцов продукта были отмечены следующие особенности, не присущие сквашенному молоку [16].

Образцам с гречневой и рисовой мукой был присущ кисломолочный запах с превалированием гречневых нот. При помещении пробы в рот ощущался сильный мучнистый привкус, охарактеризованный как «привкус каши», который быстро пропадавал. Консистенция этого варианта была однородной, обволакивающей, вязкой. Цвет варьировал от светло-бежевого до бежевого. Такая

колеровка обусловлена цветом использованной гречневой муки. Отмечено, что рисовая мука в составе данного варианта не предопределяла вкус и послевкусие, вероятно, вследствие менее выраженного комплекса органолептических свойств по сравнению с гречневой мукой.

Образцы с гречневой и кукурузной мукой имели слабый желтовато-буроватый оттенок, обусловленный цветом использованных видов муки. Запах этого варианта продукта был кисломолочный с гречневым тоном. Аналогично варианту с гречневой и рисовой мукой преобладающие органолептические характеристики присущи гречневой муке. Вкус данного варианта кисломолочный с гречневым ароматом. Консистенция однородная, мягкая, вязкая.

Образцы с рисовой и кукурузной мукой имели желтоватый цвет в связи с использованием окрашенной в желтый цвет муки. Запах кисломолочный с ароматом кукурузы. Как и в варианте с гречневой и рисовой мукой, в данном образце отмечено проявление «привкуса каши», которое так же быстро пропадавало. Консистенция однородная, вязкая.

Образцы с использованием смеси гречневой, рисовой и кукурузной муки обладали наиболее гармоничным вкусом и ароматом. Цвет проб был слабо бежевым. Вкус кисломолочный, сладковатый. В аромате угадываются ноты кукурузной и гречневой муки с преобладающим ароматом кисломолочного продукта. Консистенция обволакивающая, вязкая, однородная.

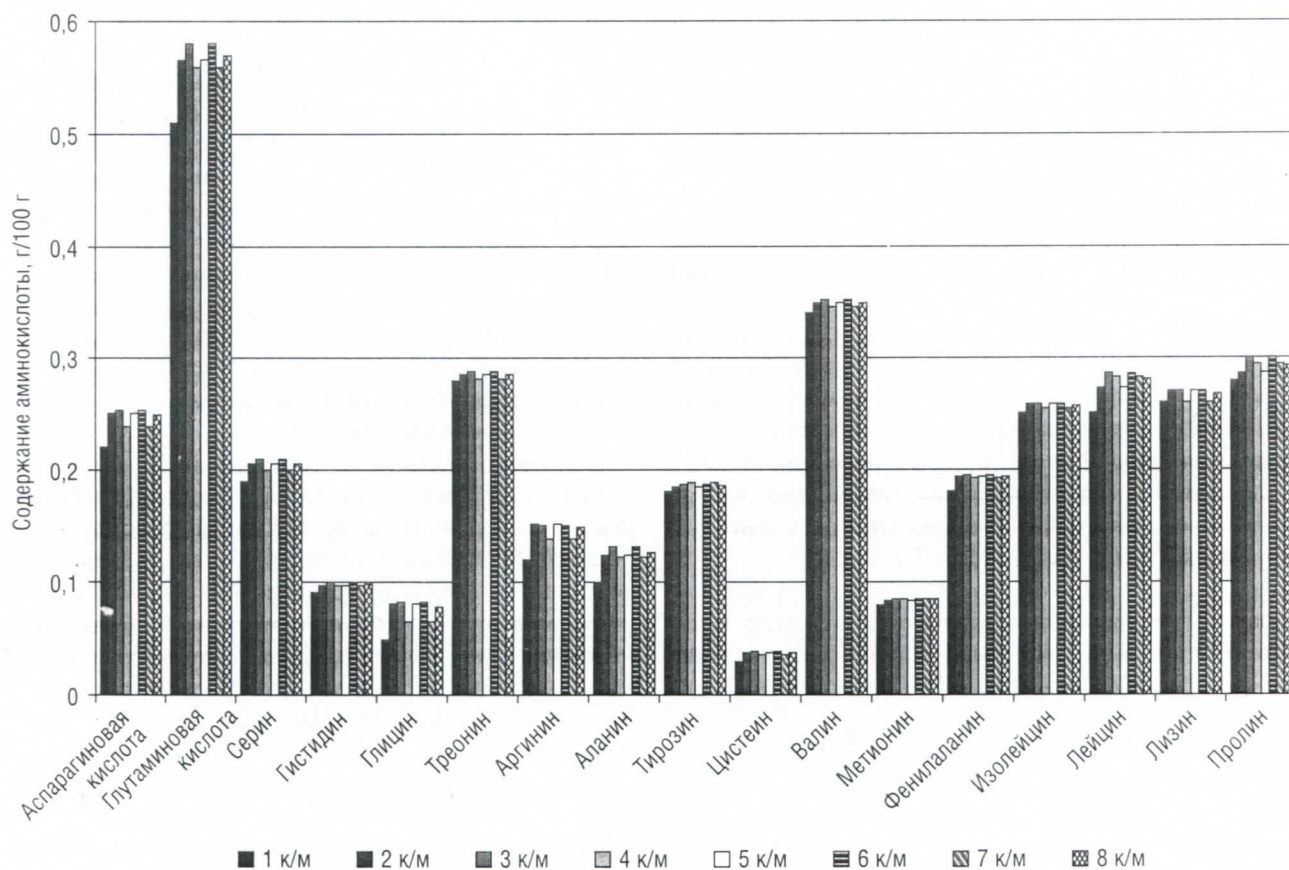


Рис. 2. Содержание аминокислот в экспериментальных образцах

В разработанных вариантах продукта не были обнаружены такие негативные органолептические характеристики, как кислый запах или вкус, плесневый аромат, затхлый вкус, хлебный запах, горький вкус и прочее. Консистенция всех разработанных вариантов была однородной, плотной, вязкой.

При разработке вариантов сквашенных продуктов удалось достичь их гармоничной вкусоароматической гаммы при пороговом содержании муки или смеси муки, не превышающем 5%. С использованием различных вариаций муки были созданы 8 образцов кисломолочных продуктов с мукой. Для подтверждения соответствия разработанного продукта заявленному целевому спектру свойств проведено исследование его ценности и функциональности в соответствии с деревом принятия решений (см. рис. 1).

Исследование содержания глютена доказало его отсутствие во всех опытных образцах; исследование количественного и качественного состава микрофлоры доказало наличие требуемой молочнокислой микрофлоры во всех образцах не менее 1×10^7 КОЕ/г, что свидетельствует о достижении поставленной цели создания кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен.

Исследование аминокислотного состава образцов продукта показало, что содержание незаменимых аминокислот варьирует в зависимости от сочетаний видов муки. При исследовании аминокислотного состава белка и анализе содержания незаменимых аминокислот в соответствии со значениями идеального белка, по данным Всемирной организации здравоохранения (1990 г.), определено, что лимитирующей аминокислотой всех экспериментальных образцов является изолейцин (рис. 2). Поскольку усвоение аминокислот лимитирует изолейцин, обеспечивается повышенная биодоступность других незаменимых аминокислот. Согласно данным В.М. Шейбак, продукты полноценного состава (содержащие белки, углеводы и жиры), в составе которых содержится лейцин, могут применяться в лечебно-профилактических целях для целенаправленной метаболической коррекции [17].

Концепция создания безглютенового кисломолочного продукта с тремя видами муки предполагает внесение смеси муки в молоко до введения ферментирующей

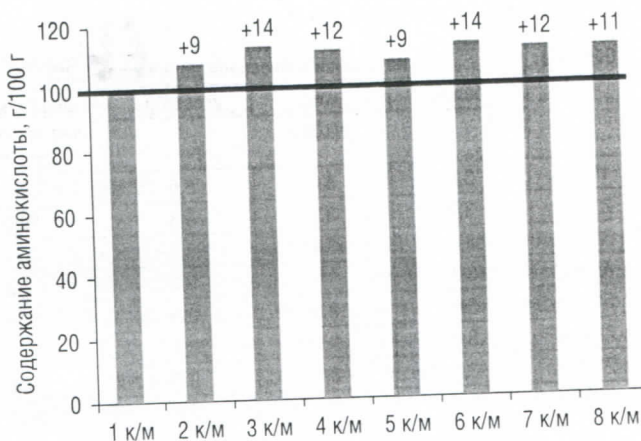


Рис. 3. Коэффициент утилитарности образцов продукта

микрофлоры. Согласно рабочей гипотезе, при использовании такой последовательности микрофлора не только сквашивает молоко, но и частично ферментирует муку в результате чего гипотетически может повыситься усвояемость получаемого продукта.

Рассчитанный коэффициент утилитарности (рис. 3) (общее количество усвояемых незаменимых аминокислот) в экспериментальных образцах был выше по сравнению со сквашенным молоком (контроль), что свидетельствует об увеличении биологической ценности разработанного продукта.

Наиболее интересным с точки зрения дальнейших исследований является вариант с использованием смеси рисовой, гречневой и кукурузной муки. Технология получения продукта предусматривает использование молока с различной массовой долей жира. В зависимости от этого пищевая и энергетическая ценность образцов продукта может колебаться (табл. 2).

Данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что все образцы разработанного продукта обладают более высокой пищевой ценностью по отношению к традиционным кисломолочным продуктам при невысокой энергетической ценности.

В целях усиления функциональных свойств продукта было предложено ввести в рецептуру инулин и маль-

Таблица 2. Пищевая и энергетическая ценность образцов продукта

Образец	Из молока с массовой долей жира 3,2%				Из молока с массовой долей жира 0,05%			
	белок	жир	углеводы	энергетическая ценность, ккал/100 г	белок	жир	углеводы	энергетическая ценность, ккал/100 г
	г/100 г				г/100 г			
1 к/м	3,2	3,2	4,8	61,0	3,3	0,05	5,0	33,9
2 к/м	3,7	3,1	8,2	75,6	3,8	0,1	8,4	49,8
3 к/м	3,4	3,1	8,6	75,7	3,5	0,1	8,8	50,0
4 к/м	3,4	3,1	8,2	74,4	3,5	0,1	8,4	48,7
5 к/м	3,6	3,1	8,4	75,6	3,7	0,1	8,6	49,9
6 к/м	3,6	3,1	8,2	75,0	3,7	0,1	8,4	49,2
7 к/м	3,4	3,1	8,4	75,1	3,5	0,1	8,6	49,3
8 к/м	3,6	3,1	8,3	75,3	3,7	0,1	8,5	49,6

Таблица 3. Пищевая и энергетическая ценность образцов продукта с мальтодекстрином и инулином

Образец	Из молока с массовой долей жира 3,2%				Из молока с массовой долей жира 0,05%			
	белок	жир	углеводы	энергетическая ценность, ккал/100 г	белок	жир	углеводы	энергетическая ценность, ккал/100 г
	г/100 г				г/100 г			
1* к/м	3,2	3,2	5,9	65,4	3,3	0,05	6,1	38,7
2* к/м	3,7	3,1	9,3	80,0	3,8	0,1	9,4	54,7
3* к/м	3,4	3,1	9,7	80,1	3,5	0,1	9,9	54,8
4* к/м	3,4	3,1	9,3	78,9	3,5	0,1	9,4	53,6
5* к/м	3,6	3,1	9,5	80,0	3,7	0,1	9,6	54,7
6* к/м	3,6	3,1	9,3	79,4	3,7	0,1	9,4	54,1
7* к/м	3,4	3,1	9,5	79,5	3,5	0,1	9,6	54,2
8* к/м	3,6	3,1	9,4	79,7	3,7	0,1	9,5	54,4

* – вместе с закваской вносили инулин и мальтодекстрин.

тодекстрин. Инулин, являясь природным пребиотиком, позволит придать продукту дополнительные функциональные свойства, а мальтодекстрин, используемый как подслащающее вещество и улучшитель вкуса, одновременно позволит стабилизировать консистенцию продукта. Поскольку инулин и мальтодекстрин, введенные в количестве 1,2 г на 1 кг каждого из веществ (согласно рекомендации производителя данных пищевых добавок), могут влиять на пищевую ценность продукта, были проведены исследования пищевой и энергетической ценности полученного продукта (табл. 3).

Анализ полученных данных показывает, что введение мальтодекстрина и инулина в означенных выше количествах не влияет на содержание белка и жира в образцах, однако в среднем на 1 г/100 г увеличивает количество углеводов и, соответственно, несколько увеличивает энергетическую ценность образцов. Конечный вариант продукта решено вырабатывать на основе молока с массовой долей жира 3,2% и с применением смеси трех видов муки в соотношении 2:1,5:1,5 (при общей

массовой доле муки в составе кисломолочного продукта от 3 до 5%), так как при этом реализуется более полное удовлетворение потребительских предпочтений.

Проведено исследование жирнокислотного состава сквашенного образца, содержащего смесь муки трех культур. Для сравнения исследовали жирнокислотный состав сквашенного образца, не содержащего муки, т.е. сквашенного молока. Следует отметить определенные сложности в части пробоподготовки при проведении исследований, так как используемые образцы продукта имели массовую долю жира всего 3%, что обусловлено массовой долей жира используемого молока.

Готовый кисломолочный продукт с мукой в небольших количествах содержит арахидоновую (1,2%) и линолеовую (3,0%) кислоты, которые относятся к ω -6 полиненасыщенным жирным кислотам [16].

Для определения сроков годности нового продукта была разработана программа контроля показателей безопасности и качества, рассчитанная на 20 сут исследования, включающая 7 контрольных точек. Разрабо-

Таблица 4. Результаты оценки показателей продукта при хранении

Контролируемые показатели	Периодичность контроля, сут						
	0 (фон)	5	7	10	13	15	20
Органолептические показатели (ОП)	ОП	ОП	ОП	ОП	ОП	ОП	ОП
Массовая доля жира, %	3,0	×	×	×	×	×	3,0
Массовая доля белка, %	3,6	×	×	×	×	×	3,6
Кислотность титруемая, °Т	52	52	53	54	54	55	55
Кислотность активная, рН	4,2	×	4,2	×	4,2	×	4,2
Степень синерезиса, %	0	2	4	5	7	9	9
Количество молочнокислых микроорганизмов в 1 см ³	Более 1×10 ⁷ КОЕ	×	Более 1×10 ⁷ КОЕ	×	Более 1×10 ⁷ КОЕ	×	Более 1×10 ⁷ КОЕ
БГКП (колиформы) в 0,01 см ³	Н/о	×	×	×	×	Н/о	Н/о
БГКП (колиформы) в 0,1 см ³	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о
Salmonella в 25 см ³	Н/о	×	×	Н/о	×	Н/о	Н/о
Listeria monocytogenes в 25 см ³	Н/о	×	×	Н/о	×	Н/о	Н/о
Staphylococcus aureus в 1 см ³	Н/о	×	×	×	×	Н/о	Н/о
Дрожжи в 1 см ³	Менее 1	×	×	Менее 1	×	×	Менее 1
Плесени в 1 см ³	Менее 1	×	×	Менее 1	×	×	Менее 1

Примечание. «×» показывает, что по данному показателю в данные сутки контроль не производился. Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

таннный кисломолочный продукт закладывали на хранение при 4 ± 2 °С, в течение хранения отбирали пробы для проведения анализов.

График контроля по показателям и результаты исследования продукта в хранении представлены в табл. 4.

Органолептическую оценку продукта осуществляли при всех отборах проб. Показано, что на 20-е сутки хранения вкус, запах и аромат продукта был чистым, без посторонних оттенков. Незначительно, но не критично увеличилась вязкость.

Массовая доля жира и белка на конец срока хранения не менялась по сравнению с контролем и составляла соответственно 3 и 3,6%.

Титруемая кислотность увеличилась на 3 °Т относительно фонового значения, причем незначительные изменения начались через 7 сут хранения; активная кислотность не изменилась.

В процессе хранения осуществляли оценку степени синерезиса. Отмечена хорошая гомогенность образцов. Степень синерезиса через 20 сут хранения составила 9%.

Количество молочнокислых микроорганизмов в течение всего срока соответствовало предъявляемым требованиям и составляло более 1×10^7 КОЕ/см³.

Посторонняя микрофлора и патогенные микроорганизмы не обнаружены.

Таким образом, определен срок годности разработанного кисломолочного продукта с мукой, который составил 14 сут.

Заключение

В соответствии с поставленной целью техническим результатом проведенных исследований явилась разработка и создание многокомпонентного кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен. Разработанный продукт по комплексу показателей отвечает требованиям, сформулированным на стартовом этапе и представленным в виде дерева принятия решений.

Реализована возможность совмещения компонентов животного (молоко) и растительного (мука злаковых и крупяных культур) происхождения в целостную пищевую биосистему с целевым спектром полезных свойств. Содержание аминокислот в образцах продукта варьирует в зависимости от сочетаний использованной муки. За счет применения молока и безглютеновой муки в разработанных вариантах продукта достигается высокая пищевая ценность при невысокой энергетической ценности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах

Федотова Ольга Борисовна (Fedotova Olga B.) – доктор технических наук, заведующая лабораторией молочных консервов ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (Москва, Россия)
E-mail: vnimi-fedotova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7348-6019>

Макаркин Дмитрий Васильевич (Makarkin Dmitriy V.) – директор Департамента инноваций и управления изменениями АО «ПРОГРЕСС» (Липецк, Россия)
E-mail: dmakarkin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8119-5388>

Соколова Ольга Вячеславовна (Sokolova Olga V.) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва, Россия)
E-mail: o.sokolova@fnscps.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9516-6123>

Дунченко Нина Ивановна (Dunchenko Nina I.) – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством и товароведение продукции ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева» (Москва, Россия)
E-mail: dunchenko.nina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6158-9854>

Литература

- Кузнецова Г.Г., Трушина Э.Н., Мустафина О.К. и др. Влияние пробиотических кисломолочных продуктов на микробиоценоз толстой кишки, гематологические показатели и клеточный иммунитет крыс // *Вопр. питания.* 2011. № 3. С. 31–36.
- Черкашин А.В., Кузнецова Г.Г., Шевелева С.А. Влияние штаммов лактобактерий, используемых при производстве кисломолочных продуктов, на возбудителей пищевых токсикоинфекций // *Вопр. питания.* 2011. № 3. С. 37–40.
- Белякова С.Ю., Красникова Л.В. Синбиотические кисломолочные продукты с растительными наполнителями для питания детей школьного возраста // *Научный журнал НИУ ИТМО. Сер.: Экономика и экологический менеджмент.* 2014. № 1. С. 13.
- Atchareeya N., Ulaiwan W. Comparison of synbiotic beverages produced from riceberry malt extract using selected free and encapsulated probiotic lactic acid bacteria // *Agriculture and Natural Resources.* 2018. Vol. 52. Is. 5. P. 467–476.
- Adesulu-Dahunsi A.T., Jeyaram K., Sanni A.I. Probiotic and technological properties of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from cereal-based nigerian fermented food products // *Food Control.* 2018. Vol. 92. P. 225–231.
- Переработка и хранение: коллективная монография. М.: Изд. дом «Типография РАН», 2015. 480 с.

7. Донская Г.А. Биотехнологическая оптимизация нутриентного состава ферментированного молочного напитка // *Вопр. питания*. 2014. № 6. С. 74–80.
8. Мусина О.Н. Технологические особенности совместного сквашивания молочного и зернового сырья // *Вестник алтайской науки*. 2013. № 3. С. 257–262.
9. Ревякина В.А., Ларькова И.А., Кувшинова Е.Д. и др. Фенотипы пищевой аллергии у детей // *Вопр. питания*. 2016. Т. 5. № 1. С. 75–80.
10. Бельмер С.В., Хавкин И.А. Непереносимость глютена и показания к безглютеновой диете // *Врач*. 2011. № 5. С. 17–21.
11. Бельмер С.В. Современные принципы диетотерапии целиакии // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2012. № 6. Т. 57. С. 97–100.
12. Масалова В.В., Оботурова Н.П. Перспективы использования безглютенового растительного сырья в производстве пищевых продуктов для диетического и профилактического питания // *Пищевая пром-ть*. 2016. № 3. С. 16–20.
13. Peyer L.C., Zannini E., Arendt E.K. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages // *Trends Food Sci Technol*. 2016. Vol. 54. P. 17–25.
14. Жминченко В.М., Гаппаров М.М.Г. Современные тенденции исследований в нутрициологии и гигиене питания // *Вопр. питания*. 2015. Т. 84. № 1. С. 4–14.
15. Макаркин Д.В., Соколова О.В., Федотова О.Б. Типологический подбор заквасочных культур для молочно-мультизлаковых композиций // *Молочная промышленность*. 2016. № 7. С. 28–29.
16. Макаркин Д.В., Соколова О.В., Федотова О.Б. Особенности оценки органолептических показателей ферментированных молочно-мультизлаковых продуктов // *Контроль качества продукции*. 2018. № 6. С. 53–58.
17. Шейбак В.М. Лейцин, изолейцин, валин: биохимические основы разработки новых лекарственных средств: монография. Гродно, 2014: 242 с.
18. Рудаков О.Б., Полянский К.К., Ходырева О.Е. Инулин: применение и контроль содержания в продукции // *Переработка молока*. 2017. № 2. С. 44–47.
19. Пилипенко В.И., Теплюк Д.А., Шаховская А.К. и др. Использование многокомпонентного функционального пищевого продукта у больных с синдромом раздраженного кишечника с запорами: результаты сравнительного контролируемого исследования // *Вопр. питания*. 2016. Т. 85. № 2. С. 84–91.

References

1. Kuznetsova G.G., Trushina E.N., Mustafina O.K. The influence of probiotic fermented milk products on the microbiocenosis of the colon, hematological parameters and cellular immunity of rats. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2011; (3): 31–6. (in Russian)
2. Cherkashin A.V., Kuznetsova G.G., Sheveleva S.A. The effect of lactobacillus strains used in the production of fermented milk products on foodborne infection pathogens. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2011; (3): 37–40. (in Russian)
3. Belyakova S.Yu., Krasnikova L.V. Synbiotic fermented milk products with vegetable fillers for feeding schoolchildren. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Economy and Environmental Management*. 2014; (1): 13. (in Russian)
4. Nakkarach A., Withayagiat U. Comparison of extracts produced from rice and malt extract using selected and encapsulated probiotic lactic acid bacteria. *Agriculture and Natural Resources*. 2018; 52 (5): 467–76.
5. Adesulu-Dahunsiya A.T., Jeyaram K., Sanni A.I. Probiotic and technological properties of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from cereal-based nigerian fermented food products. *Food Control*. 2018; 92: 225–31.
6. Milk. Processing and storage: collective monograph. Moscow: Printing House of the Russian Academy of Sciences Publishing House; 2015: 480 p. (in Russian)
7. Donskaya G.A. Biotechnological optimization of the nutrient composition of fermented milk drink. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2014; (6): 74–80. (in Russian)
8. Musina O. N. Technological features of the joint fermentation of dairy and grain raw materials. *Vestnik altayskoy nauki [Bulletin of Altai Science]*. 2013; (3): 257–62. (in Russian)
9. Revyakina V.A., Larkova I.A., Kuvshinova E.D., et al. Phenotypes of food allergies in children. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2016; 5 (1): 75–80. (in Russian)
10. Belmer S.V., Khavkin I.A. Gluten intolerance and indications for a gluten-free diet. *Vrach [Doctor]*. 2011; (5): 17–21. (in Russian)
11. Belmer S.V. Modern principles of celiac disease diet. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii [Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics]*. 2012; 57 (6): 97–100. (in Russian)
12. Masalova V.V., Oboturova N.P. Prospects for the use of gluten-free plant materials in the production of food for dietary and preventive nutrition. *Pishchевaya promyshlennost' [Food Industry]*. 2016; (3): 16–20. (in Russian)
13. Peyer L.C., Zannini E., Arendt E.K. Fermented cereals-based beverages. *Trends Food Sci Technol*. 2016; 54: 17–25.
14. Zhminchenko V.M., Gapparov M.M.G. Modern trends of research in nutrition and food hygiene. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2015; 84 (1): 4–14.
15. Makarkin D.V., Sokolova O.V., Fedotova O.B. Typological selection of starter cultures for milky-multigrain compositions. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy Industry]*. 2016; (7): 28–9. (in Russian)
16. Makarkin D.V., Sokolova O.V., Fedotova O.B. Features of the evaluation of organoleptic characteristics of fermented milk-multigrain products. *Kontrol' kachestva produktsii [Product Quality Control]*. 2018; (6): 53–8. (in Russian)
17. Sheybak V.M. Leucine, isoleucine, valine: the biochemical basis for the development of new drugs. Monograph. Grodno; 2014: 242 p. (in Russian)
18. Rudakov O.B., Polyansky K.K., Khodyreva O.E. Inulin: application and control of content in products. *Pererabotka moloka [Milk Processing]*. 2017; (2): 44–7. (in Russian)
19. Pilipenko V.I., Teplyuk D.A., Shakhovskaya A.K., et al. Use of a multicomponent functional food product in patients with irritable bowel syndrome with constipation: results of a comparative controlled study. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2016; 85 (2): 84–91. (in Russian)