ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-664-673

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Биотехнологические аспекты подготовки ферментированных сливок для обогащения творожного продукта пробиотическими культурами

А. Г. Бухарев[1], Н. Б. Гаврилова[1], О. В. Кригер[2,*], Н. Л. Чернопольская[1]

[1] *Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия*

[2] *Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия*

Поступила в редакцию: 26.07.2021
Принята после рецензирования: 20.09.2021
Принята в печать: 01.12.2021

**e-mail: olgakriger58@mail.ru*
© А. Г. Бухарев, Н. Б. Гаврилова, О. В. Кригер, Н. Л. Чернопольская, 2021

Аннотация.
Введение. Увеличение объемов производства высококачественных и биологически полноценных белковых продуктов является актуальным. Особый интерес представляют продукты для специализированного питания из-за развития в России рынка Фуднет. Цель исследования – разработка биотехнологии творожного продукта, обогащенного пробиотической микрофлорой, для специализированного (спортивного) питания.
Объекты и методы исследования. Молоко коровье, молоко обезжиренное, сливки и ингредиенты: концентрат сывороточных белков Milkiland-WPC 80, цветочная пыльца, глутамин, закваски DVS Danisco Probat 576 и Howaru Bifido ARO-1, а также зерновые культуры (крупа гречневая и овсяная). Применялись физико-химические, органолептические, биохимические и микробиологические методы исследования.
Результаты и их обсуждение. Молочно-белковая основа творожного продукта производилась раздельным способом с помощью творожного сепаратора GEA Westfalia KDB 30. Для ее обогащения пробиотическими культурами исследовали процесс ферментации сливок с м.д.ж. 15 и 20 % двумя видовыми заквасками. Активность пробиотической заквасочной культуры Probat 576 Howaru Bifido выше, чем закваска ARO-1 Howaru Bifido: при использовании сливок с м.д.ж. 15 % в 1,66 раза, 20 % – в 1,73 раза. Выход активной кислотности на критический предел, равный 5,5, произошел за 3 ч при использовании Probat 576, что на 2 ч быстрее, чем у заквасочной культуры ARO-1. В качестве пребиотика изучены зерновые культуры. Результаты математического моделирования свидетельствует о положительном влиянии гречневой и овсяной муки на процесс ферментации сливок. Овсяная мука наиболее подходящий компонент, т. к. при добавлении гречневой муки повышается окрас продукта, свойственный ее цвету. Это неблагоприятно скажется на визуальном ощущении потребителя. Оптимальная доза внесения овсяной муки должна быть равна 5 %.
Выводы. Разработана биотехнология нового творожного продукта, обогащенного пробиотическими культурами, направленная на расширение ассортимента продуктов для специализированного (спортивного) питания.

Ключевые слова. Молоко, сывороточный белок, ферменты, закваска, зерно, спортивное питание, пребиотик, функциональные ингредиенты

Финансирование. Научная работа выполнялась в рамках государственного заказа Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Разработка высокоэффективных технологий переработки сельскохозяйственной продукции в экологически чистые функциональные продукты детского и спортивного питания».

Для цитирования: Биотехнологические аспекты подготовки ферментированных сливок для обогащения творожного продукта пробиотическими культурами / А. Г. Бухарев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 664–673. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-664-673.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Fermented Cream for Curd Fortified with Probiotic Cultures: Biotechnological Aspects

Andrew G. Bukharev[1], Natalya B. Gavrilova[1], Olga V. Kriger[2,*], Natalya L. Chernopolskaya[1]

[1] P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

[2] Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received: July 26, 2021

Accepted in revised form: September 20, 2021
Accepted for publication: December 01, 2021

*e-mail: olgakriger58@mail.ru
© A.G. Bukharev, N.B. Gavrilova, O.V. Kriger, N.L. Chernopolskaya, 2021

Abstract.
Introduction. Contemporary food industry strives to increase the production volume of high-quality and biologically complete protein products. The Foodnet market also raised the demand for functional foods in Russia. The research objective was to develop a new functional curd product fortified with probiotic microflora.
Study objects and methods. The study featured cow's milk, skimmed milk, cream, whey protein concentrate Milkiland-WPC 80, pollen, glutamine, starter cultures DVS Danisco Probat 576 and Howaru Bifido ARO-1, buckwheat flour, and oat flour. The experiment included physicochemical, sensory, biochemical, and microbiological methods.
Results and discussion. The milk-protein base of the curd product was produced in a GEA Westfalia KDB 30 curd separator. The research involved 15 and 20% cream with two different starter cultures. In case of 15% cream, Probat 576 Howaru Bifido appeared to be 1.66 times more active than ARO-1 Howaru Bifido, in case of 20% cream the result was even higher – 1.73 times. Probat 576 also demonstrated a better active acidity, i.e. 5.5 after three hours, which was two hours faster than ARO-1. Mathematical modeling revealed the positive effect of buckwheat and oat flour on the cream fermentation process. Oat flour (5%) was the optimal prebiotic, while buckwheat flour added its color to the final product, thus spoiling its market quality.
Conclusion. The new biotechnology for a curd product fortified with probiotic cultures can expand the range of functional products for sports diet.

Keywords. Milk, whey protein, enzymes, starter culture, grain, sports nutrition, prebiotic, functional ingredients

Funding. The present research was ordered by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation as part of project "Development of highly effective technologies for processing agricultural products into environmentally friendly functional products for children and sports nutrition".

For citation: Bukharev AG, Gavrilova NB, Kriger OV, Chernopolskaya NL. Fermented Cream for Curd Fortified with Probiotic Cultures: Biotechnological Aspects. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):664–673. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-664-673.

Введение

В настоящее время здоровый образ жизни – это общемировой тренд, который обусловлен комплексом социальных, экологических и других факторов, имеющих определенные особенности в каждой стране. 70 % населения в мире и 67 % в России активно следят за своим рационом питания. Популярными и востребуемыми являются продукты здорового питания, к которым относятся специализированные пищевые продукты. Это продукты с заданными потребительскими свойствами, предназначенные для различных категорий населения [1–3].

В России существует тенденция роста числа лиц, занимающихся спортом, что подтверждают данные Росстата. В федеральном проекте «Спорт – норма жизни», который стартовал 1 января 2019 г., отмечено, что физической культурой и спортом занимаются 50,1 млн человек, что составляет 36,8 % населения Российской Федерации. Благодаря государственной поддержке и созданию условий для всех категорий населения, а также лиц, занимающихся профессиональным и любительским спортом, возможно увеличение к 2030 г. количества регулярно занимающихся спортом до 70 %. В связи с этим следует ожидать резкого повышения спроса населения всех возрастных групп на спортивное питание.

Разработка ассортимента и технологии продуктов для питания спортсменов производится в соответствии с Концепцией спортивного питания Российской Федерации и межгосударственным стандартом ГОСТ 34006-2016 [4].

В странах Европейского союза, Канады, Австралии, Королевства Норвегии и многих других, как и в России, наблюдается перспективное направление – поддержание здорового образа жизни. Это понятие комплексное, в которое входят регулярные занятия физическими упражнениями или любительским и профессиональным спортом, а также здоровое питание. В связи с этим как в России, так и в странах Западной Европы активно развивается процесс научного обоснования и практического создания принципиально нового поколения продуктов здорового питания на молочной основе, обогащенных функциональными ингредиентами. Их основными характеристиками являются: сбалансированный состав, пониженное содержание

жира и легкоусвояемых углеводов, высокое содержание белка, а также пробиотические свойства. Благодаря современным биотехнологическим приемам в комплексе с традиционными методами пищевой технологии можно создавать уникальные по своему составу и свойствам ферментированные молочные и молокосодержащие продукты с контролируемым химическим составом и заданными физиолого-биохимическими свойствами, которые предназначены для специализированного питания [5–7].

Основные направления в производстве продуктов спортивного питания, которые изучаются зарубежными и российскими учеными:
– регулирование состава;
– разработка новых групп пищевых продуктов для индивидуализации спортивного питания в различные периоды тренировочного макроцикла;
– создание функциональных продуктов на молочной основе для питания спортсменов разных квалификаций;
– разработка мелкофасованной продукции в виде порций разового потребления и др. [8–14].

Таким образом, есть все основания для того, чтобы рассматривать молоко и молочные продукты с точки зрения спортивного питания. В настоящее время рынок молочных продуктов специального назначения для питания спортсменов не насыщен. Необходимы разработка и внедрение в практику отечественных специализированных продуктов различной ориентации: высокобелковых, высоко-углеводных, углеводно-минеральных и др. Эти продукты должны отвечать не только вкусу спортсменов, но и современным медико-биологическим требованиям: регулировать массу тела спортсменов, повышать работоспособность во время соревнований, при усиленных тренировках и пр. [15–17].

Проблема увеличения объемов производства высококачественных и биологически полноценных белковых продуктов питания (творог и творожные продукты, сыры и сырные продукты) в настоящее время актуальна, в том числе для специализированного (спортивного) питания. Это связано с развитием в России ключевого сегмента рынка FoodNet (Фуднет) – индивидуального персонализированного питания.

Цель исследования – разработка биотехнологии творожного продукта, обогащенного пробиотической микрофлорой для специализированного (спортивного) питания.

Объекты и методы исследования

Для подготовки молочно-белковой основы, рецептуры творожного продукта и пробиотических культур использовались следующие объекты исследования:
– молоко коровье сырое по ГОСТ 31449-2013;
– молоко обезжиренное-сырье по ГОСТ 31658-2012;
– сливки-сырье по ГОСТ 34355-2017;
– функциональные ингредиенты:
1) концентрат сывороточных белков Milkiland-WPC 80 по ГОСТ 53456-2009;
2) цветочная пыльца по ГОСТ 28887-90;
3) глутамин по ГОСТ 33933-2016;
– закваска DVS Danisco Probat 576; ARO-1.
– закваска DVS Danisco Howaru Bifido;
– зерновые культуры:
1) крупа гречневая по ГОСТ Р 55290-2012;
2) крупа овсяная по ГОСТ 3032-75.

В научной работе применялись современные методы исследований: физико-химические, органолептические, биохимические и микробиологические. Они реализовались в производственных лабораториях АО «Данон Россия» филиал Молочный комбинат «Чеховский» и испытательной лаборатории «Молоко» Минобрнауки России ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (г. Москва).

Результаты экспериментальных исследований подвергали статистической обработке методами регрессионного и корреляционного анализа, реализованного с помощью стандартных пакетов программ MathCAD-14 Professional и MS Excel. Повторность опытов установлена методами статистического анализа и являлась пятикратной [18].

Выбор оптимальных экспериментальных вариантов осуществляли методом нормирования. Математическое моделирование и определение трехфакторных зависимостей результатов исследований проводилось с использованием современного программного обеспечения Table Curve 3D [19, 20].

Результаты и их обсуждение

Молочно-белковая основа для творожного продукта производилась раздельным способом с применением творожного сепаратора GEA Westfalia KDB 30. Для этого цельное молоко подогревали до 45 ± 5 °С и разделяли сепарированием на обезжиренное молоко и сливки с массовой долей жира 15 и 20 %, которые пастеризовали на различных пастеризационных установках. Технологический процесс позволил увеличить выход нежирной молочно-белковой основы с нежной, однородной и слегка мажущейся консистенцией, а также снизить отход белков в молочную сыворотку.

Далее был исследован процесс ферментации сливок закваской с пробиотическими культурами. Во время экспериментов было произведено четыре опытных выработки ферментированных сливок с м.д.ж. 15 и 20 % с использованием двух видов заквасок Probat 576 и ARO-1. В состав закваски Probat 576 входят следующие штаммы микроорганизмов: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides cremoris*. Основными штаммами микроорганизмов закваски ARO-1 являются

Таблица 1. Физико-химические показатели сливок с м.д.ж. 15 и 20 %

Table 1. Physicochemical parameters of 15 and 20% cream

Опыт	Массовая доля, %			Титруемая кислотность, °Т	Группа термо-устойчивости	Группа чистоты	Ингибирующие вещества	Плотность, кг/м³
	Белка	Жира	СОМО					
№ 1	2,47 ± 0,10	20,0 ± 0,1	28,13 ± 0,10	16	4	1	отсуст.	1,013
№ 2	2,57 ± 0,10	20,1 ± 0,1	26,56 ± 0,10	16	4	1	отсуст.	1,012
№ 3	2,85 ± 0,10	15,0 ± 0,1	22,75 ± 0,10	16	4	1	отсуст.	1,019
№ 4	2,70 ± 0,10	15,0 ± 0,1	21,80 ± 0,10	15	4	1	отсуст.	1,020

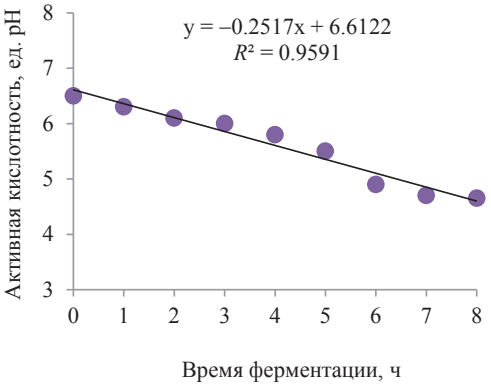

Рисунок 1. Ферментация сливок с м.д.ж.15 % заквасочной культурой ARO-1 Howaru Bifido

Figure 1. Howaru Bifido fermentation of 15% cream with ARO-1

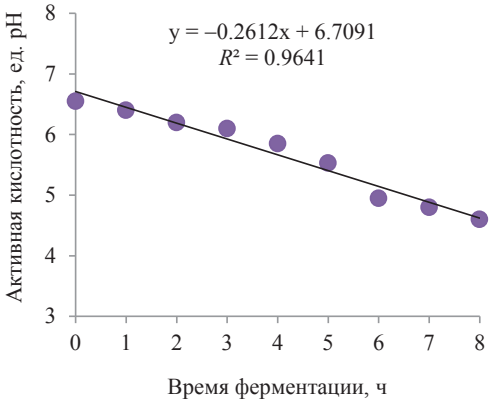

Рисунок 2. Ферментация сливок с м.д.ж. 20 % заквасочной культурой ARO-1 Howaru Bifido

Figure 2. Howaru Bifido fermentation of 20% cream with ARO-1

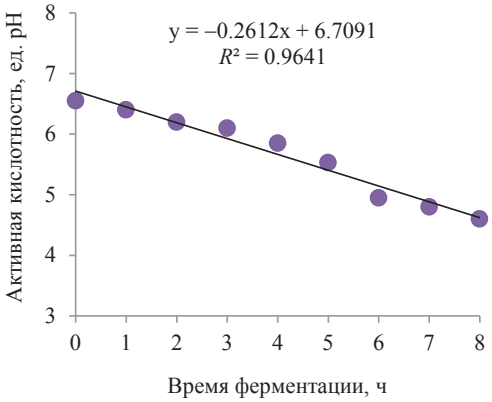

Рисунок 3. Ферментация сливок с м.д.ж. 15 % заквасочной культурой Probat 576 Howaru Bifido

Figure 3. Howaru Bifido fermentation of 15% cream with Probat 576

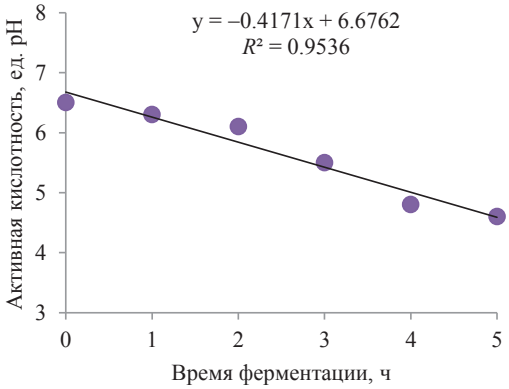

Рисунок 4. Ферментация сливок с м.д.ж. 20 % заквасочной культурой Probat 576 Howaru Bifido

Figure 4. Howaru Bifido fermentation of 20% cream with Probat 576

Streptococcus thermophilus и *Lactobacillus bulgaricus*. К обеим закваскам добавлялась культура Howaru Bifido, включающая в себя штамм микроорганизмов *Bifidobacterium lactis*, для обогащения продукта пробиотическими свойствами и повышения биологической ценности продукта.

Критериальными требованиями изучения процесса ферментации сливок являлись: время, активная кислотность (pH = 4,6 ± 0,5), чистый сливочный вкус и слабовязкая консистенция, позволяющая достичь их равномерного распределения в обезжиренном творогe.

Физико-химические показатели сливок, используемых в опытных выработках, приведены в таблице 1.

На рисунках 1–4 приведены графическая иллюстрация и уравнения регрессии, характеризующие динамику кислотонакопления в процессе ферментации

Таблица 2. Органолептические показатели ферментированных сливок

Table 2. Sensory profile of fermented cream

Опыт	Вид сливок	Закваска	Органолептические показатели в баллах
№ 1	Сливки с м.д.ж. 20 %	Probat 576 + Howaru Bifido	15,0
№ 2	Сливки с м.д.ж. 20 %	ARO-1 + Howaru Bifido	14,5
№ 3	Сливки с м.д.ж. 15 %	Probat 576 + Howaru Bifido	14,0
№ 4	Сливки с м.д.ж. 15 %	ARO-1 + Howaru Bifido	13,8

сливок с м.д.ж. 15 и 20 % заквасочными культурами Probat 576 и ARO-1.

Результаты свидетельствуют о том, что активность пробиотической заквасочной культуры Probat 576 Howaru Bifido выше, чем ARO-1 Howaru Bifido: при использовании сливок с м.д.ж. 15 % в 0,4171/0,2517 = 1,66 раза, 20 % в 0,4529/0,2612 = 1,73 раза.

Скорость кислотонакопления с закваской Probat 576 при использовании сливок с м.д.ж. 15 % равна 0,4171 ед. pH/час, 20 % – 0,4529 ед. pH/час. Скорость кислотонакопления с закваской ARO-1 при использовании сливок с м.д.ж. 15 % равна 0,2517 ед. pH/час, 20 % – 0,2612 ед. pH/час.

Анализ полученных данных позволяет считать, что использование заквасочной культуры Probat-576 предпочтительнее, чем ARO-1. При использовании заквасочной культуры Probat-576 время ферментации сливок с м.д.ж. 15 и 20 % заняло 5,1 ч, тогда как при использовании заквасочной культуры ARO-1 на три часа дольше. Выход активной кислотности на критический предел, равный 5,5, произошел за 3 ч при использовании заквасочной культуры Probat-576. Это на 2 ч быстрее, чем у заквасочной культуры ARO-1.

Оценка органолептических показателей ферментированных сливок с м.д.ж. 15 % позволяет отметить их жидкообразную консистенцию, чистый кисломолочный вкус без посторонних привкусов и запахов, цвет белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе. Сливки с м.д.ж. 20 % – слабовязкая, устойчивая консистенция, отсутствие посторонних привкусов и запахов, вкус чистый кисломолочный, цвет белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе. Общая сумма органолептических показателей в баллах представлена в таблице 2.

В качестве пребиотиков, стимулирующих жизнедеятельность пробиотиков из-за их химического состава и пищевой ценности, исследованы два растительных зерновых компонента: гречневая и овсяная крупы. Их характеристика приведена в таблице 3. Зерновые культуры подвергались тонкому измельчению, т. к. в виде муки они хорошо растворяются.

Затем было изучено влияние пребиотических свойств зерновых культур на жизнеспособность пробиотиков, входящих в закваски. В сливки с м.д.ж. 20 % вводили при тщательном перемешивании муку гречневой и овсяной культуры в количестве 1, 3, 5 и 7 %. В сливки иннокулировали закваски. Процесс ферментации сливок осуществляли при температуре 38,0 ± 1,0 °C. Результаты исследования микробиологических показателей ферментированных сливок представлены на рисунках 5 и 6.

Для прогнозирования процесса развития пробиотической микрофлоры и выявления взаимоотношений между управляемыми факторами были разработаны двухфакторные математические модели, характеризующие процесс ферментации сливок с различным содержанием пребиотиков. Приведено их трехмерное изображение. При разработке двухфакторных математических моделей использовалась компьютерная программа Table Curve 3D v4. Анализу подвергались экспериментальные данные, приведенные в Excel. Результаты исследований и математические модели представлены на рисунках 7–10.

Анализ результатов математического моделирования свидетельствует о положительном влиянии как гречневой, так и овсяной муки на процесс ферментации сливок. Все исследуемые показатели

Таблица 3. Химический состав и пищевая ценность растительных ингредиентов (100 г)

Table 3. Chemical composition and nutritional value of buckwheat and oat flours (100 g)

Показатель	Значение для муки	
	Гречневой	Овсяной
Пищевая ценность, ккал	328,50	369,00
Массовая доля, %		
жиры	3,30	6,80
белки	12,60	13,00
углеводы	62,10	64,90
влаги, не более	9,00	9,00
Пищевые волокна, %	2,80	4,50
Зола, %	2,50	1,80
Моно- и дисахариды, %	2,60	1,00
Насыщенные жирные кислоты, %	0,68	1,10
Крахмал, %	–	63,50

Рисунок 5. Исследование влияния гречневой муки на динамику развития пробиотиков, входящих в состав заквасок Probat 576 и Howaru Bifido, используемых для ферментации сливок с м.д.ж. 20 %

Figure 5. Effect of buckwheat flour on the development of probiotics in Probat 576 and Howaru Bifido (20% cream)

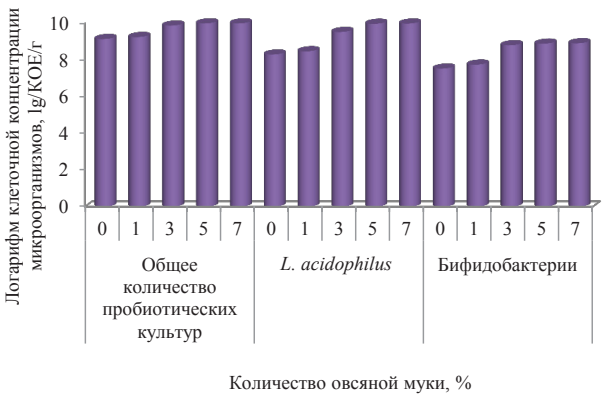

Рисунок 6. Исследование влияния овсяной муки на динамику развития пробиотиков, входящих в состав заквасок Probat 576 и Howaru Bifido, используемых для ферментации сливок с м.д.ж. 20 %

Figure 6. Effect of oat flour on the development of probiotics in Probat 576 and Howaru Bifido (20% cream)

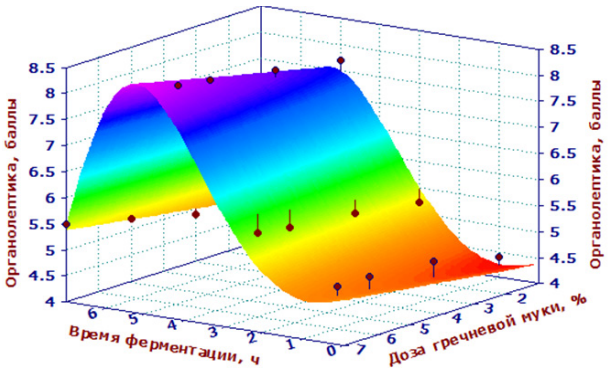

Рисунок 7. Поверхность отклика изменения органолептических показателей в ферментированных сливках с гречневой мукой

Figure 7. Response surface of changes in sensory profile in fermented cream with buckwheat flour

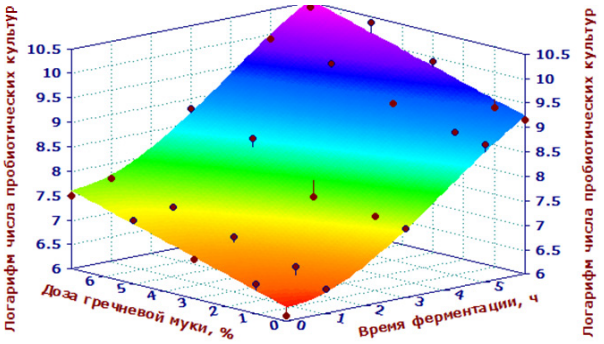

Рисунок 8. Поверхность отклика изменения логарифма общего числа пробиотических культур в ферментированных сливках с гречневой мукой

Figure 8. Response surface of the change in the logarithm of the total number of probiotic cultures in fermented cream with buckwheat flour

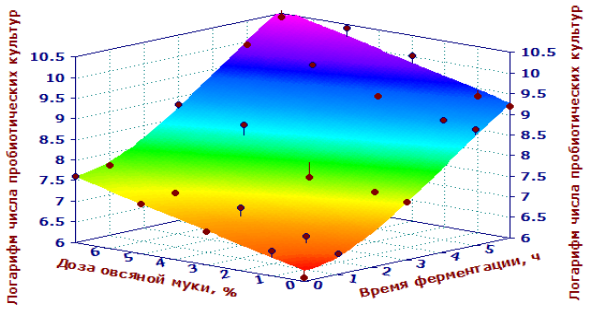

Рисунок 9. Поверхность отклика изменения логарифма числа пробиотических культур в ферментированных сливках с овсяной мукой

Figure 9. Response surface of the change in the logarithm of the number of probiotic cultures in fermented cream with oat flour

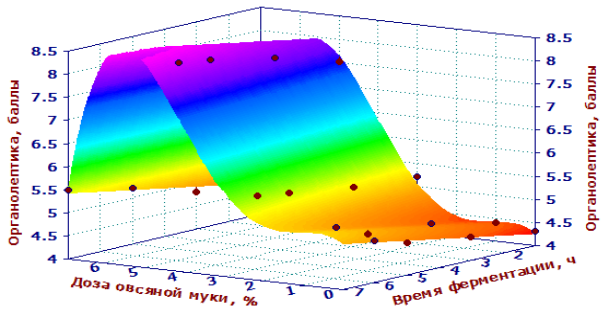

Рисунок 10. Поверхность отклика изменения органолептических показателей в процессе ферментации сливок с овсяной мукой

Figure 10. Response surface of changes in sensory profile during fermentation of cream with oat flour

Таблица 4. Рецептура нового вида творожного продукта для специализированного (спортивного) питания на 100 кг

Table 4. Formulation for a new functional curd product for sports diet, per 100 kg

Показатели	Рецептура, кг
Творог нежирный	79,7
Сливки ферментированные с м.д.ж. 15 %	6,0
Концентрат сывороточных белков	13,0
Глутамин	0,25
Овсяная мука	0,3
Цветочная пыльца	0,25
Закваска Probat 576	0,25
Закваска HowaruBifido	0,25
Итого	100

с увеличением дозы внесения компонентов возрастали. Однако органолептическая оценка показала, что овсяная мука наиболее подходящий компонент, т. к. при добавлении гречневой муки повышается окрас продукта свойственный ее цвету, что неблагоприятно скажется на визуальном ощущении потребителя. Следует отметить, что оптимальная доза внесения овсяной муки должна быть равна 5 %, т. к. дальнейшее увеличение приводит к снижению бальной экспертной оценки. По мнению экспертов, данное снижение вызвано высокой влагопоглощающей способностью овсяной муки и изменением реологических свойств исследуемого продукта.

В процессе исследования для подбора оптимального состава и содержания функциональных компонентов в готовой продукции была разработана рецептура творожного продукта (табл. 4).

После проведения опытных выработок по заданной рецептуре были получены физико-химические, микробиологические и органолептические показатели. Физико-химические показатели творожного продукта представлены в таблице 5.

Таблица 5. Химический состав творожного продукта для специализированного (спортивного) питания

Table 5. Chemical composition of curd product for specialized (sports) nutrition

Показатели	Рецептура
Массовая доля, %	
Влага, мас%	75,6
Белки, мас%	17,9
Жир, мас%	1,5
Углеводы, мас%	5,0

Выводы

1. Изучен процесс подготовки ферментированных сливок, определена массовая доля жира сливок и вид заквасочных культур для ферментации: сливки с м.д.ж 20 % Probat 576 и Howaru Bifido в соотношении 1,0:1,0. Общее количество пробиотических микроорганизмов составило не менее $4{,}5\times10^9$ КОЕ/г, в том числе бифидобактерий не менее $1{,}5\times10^7$ КОЕ/г.

2. Определена степень влияния зерновых культур на процесс ферментации сливок. На основе математического моделирования установлено, что овсяная мука в количестве 5,0 % от общего содержания сливок в творожном продукте благоприятно влияет на развитие пробиотических микроорганизмов и рекомендуется для использования в качестве пребиотика.

3. Разработана биотехнология нового вида творожного продукта «Сила спортсмена» для специализированного (спортивного) питания. Проведена промышленная апробация биотехнологии нового продукта на молочном предприятии АО «Данон Россия» филиал «Чеховский» (Московская область). Научная новизна биотехнологии творожного продукта отражена в патенте на изобретение РФ № 2728442.

Критерии авторства

А. Г. Бухарев – проведение экспериментальных исследований. Н. Б. Гаврилова – разработка концепции исследований. О. В. Кригер – анализ экспериментальных данных. Н. Л. Чернопольская – математический анализ и выводы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Таблица 6. Результаты исследований количества пробиотических микроорганизмов на конец испытания в процессе хранения творожного продукта

Table 6. Total count of probiotic microorganisms during storage

Исследуемый показатель	НД на метод исследования	Целевое значение	Фактический результат
Общее количество пробиотических микроорганизмов, КОЕ/г, не менее, в том числе:	ГОСТ 32923-2014	Не менее 2×10^9	$4{,}5\times10^9$
L. acidophilus, КОЕ/г, не менее	ГОСТ 32923-2014	Не менее 1×10^8	$2{,}5\times10^8$
B. lactis, КОЕ/г, не менее		Не менее 1×10^6	$1{,}5\times10^7$

A.G. Bukharev was responsible for the experimental research. N.B. Gavrilova developed the research concept. O.V. Kriger analyzed the experimental data. N.L. Chernopolskaya performed the mathematical analysis and made the conclusions.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Список литературы

1. Филиппова О. Н., Рахманов Р. С. Оценка связи между работоспособностью спортсменов и витаминно-минеральной насыщенностью организма // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.

2. Гаврилова Н. Б., Щетинин М. П., Молибога Е. А. Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 2. С. 100–106.

3. Захарова Л. М., Горбунчикова М. С. Технологические особенности производства синбиотического кисломолочного продукта // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 1. С. 17–28. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-17-28.

4. Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Бухарев А. Г. Творожный продукт для специализированного (спортивного) питания // Молочная промышленность. 2020. № 12. С. 14–16.

5. Эффективность использования аминокислот с разветвленной цепью (BCAA) в питании спортсменов-единоборцев / Э. Н. Трушина [и др.] // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 4. С. 48–56. https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10041.

6. Gavrilova N., Chernopolskaya N., Konovalov S. Substantiated screening of functional ingredients for extended shelf life of fermented milk products. Proceedings of the International Scientific Conference: The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector. Omsk, 2019. P. 9–12. https://doi.org/10.2991/assehr.k.200113.128.

7. Гаврилова Н. Б., Щетинин М. П., Чернопольская Н. Л. Научно-экспериментальное обоснование рецептуры специализированного продукта для питания спортсменов, обогащенного пробиотическими микроорганизмами // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 22–28.

8. Valenta R., Dorofeeva Yu. A. Sport nutrition: The role of macronutrients and minerals in endurance exercises // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6. № 2. P. 403–412. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-403-412.

9. What drives athletes toward dietary supplement use: objective knowledge self-perceived competence? Cross-sectional analysis of professional team-sport players from Southeastern Europe during the competitive season / D. Sekulic [et al.] // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0292-9

10. Chappell A., Simper T., Helms E. Nutritional strategies of British professional and amateur natural bodybuilders during competition preparation // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0302-y.

11. Modifications to the nutrition for sport knowledge questionnaire (NSQK) and abridged nutrition for sport knowledge questionnaire (ANSKQ) / G. L. Trakman [et al.] // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0293-8.

12. Comparison of ingesting a food bar containing whey protein and isomalto-oligosaccharides to carbohydrate on performance and recovery from an acute bout of resistance-exercise and sprint conditioning: An open label, randomized, counterbalanced, crossover pilot study / T. J. Grubic [et al.] // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0301-z.

13. The combination of sport and sport-specific diet is associated with characteristics of gut microbiota: An observational study / L.-G. Jang [et al.] // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0290-y.

14. Impact of cow's milk intake on exercise performance and recovery of muscle function: A systematic review / J. M. A. Alcantara [et al.] // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. Vol. 16. № 1. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0288-5.

15. Biotechnology of specialized product for sports nutrition / N. Chernopolskaya [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 8. № 4. P. 40–45.

16. Кисломолочные продукты как составляющая функционального питания / З. С. Зобкова [и др.] // Молочная промышленность. 2019. № 2. С. 44–46.

17. Чернопольская Н. Л., Гаврилова Н. Б. Биотехнология специализированного пищевого продукта на основе молока для питания спортсменов // Пищевая промышленность. 2019. № 10. С. 20–24. https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10140.

18. Выгодчикова И. Ю. Алгоритм оценки параметров линейной множественной модели регрессии по минимаксному

критерию // Прикладная информатика. 2015. Т. 10. № 4. С. 105–116.

19. Особенности использования белкового концентрата из зерен овса в технологии получения творожного продукта для спортивного питания / Е. В. Каширских [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 345–355. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-345-355.

20. Лисин П. А., Воронова Т. Д., Молибога Е. А. Методология проектирования продуктов питания с заданными свойствами и составом. Омск: Омский ГАУ, 2015. 142 с.

References

1. Filippova ON, Rakhmanov RS. Evaluation of association between exercise performance of sportsmen and vitamin-minreals saturation of their organisms. Modern problems of science and education. 2014;(6). (In Russ.).

2. Gavrilova NB, Shchetinin MP, Moliboga EA. Modern state and prospects of the development of production of specialized foodstuffs for athletes. Problems of Nutrition. 2017;86(2):100–106. (In Russ.).

3. Zakharova LM, Gorbunchikova MS. A new synbiotic fermented dairy product: Technological production features. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(1):17–28. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-17-28.

4. Gavrilova NB, Chernopolskaya NL, Bukharev AG. Curd product for specialized (sports) nutrition. Dairy Industry. 2020;(12):14–16. (In Russ.).

5. Trushina EN, Vybornov VD, Riger NA, Mustafina OK, Solntseva TN, Timonin AN, et al. The efficiency of branched chain aminoacids (BCAA) in the nutrition of combat sport athletes. Problems of Nutrition. 2019;88(4):48–56. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10041.

6. Gavrilova N, Chernopolskaya N, Konovalov S. Substantiated screening of functional ingredients for extended shelf life of fermented milk products. Proceedings of the International Scientific Conference: The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector; 2019; Omsk. Atlantis Press; 2019. p. 9–12. https://doi.org/10.2991/assehr.k.200113.128.

7. Gavrilova NB, Schetinin MP, Chernopolskaya NL. Experimental and scientific formulation development of a specialized (sport) product, enriched with probiotic microorganisms. Problems of Nutrition. 2017;86(5):22–28. (In Russ.).

8. Valenta R, Dorofeeva YuA. Sport nutrition: The role of macronutrients and minerals in endurance exercises. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):403–412. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-403-412.

9. Sekulic D, Tahiraj E, Maric D, Olujic D, Bianco A, Zaletel P. What drives athletes toward dietary supplement use: objective knowledge self-perceived competence? Cross-sectional analysis of professional team-sport players from Southeastern Europe during the competitive season. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019;16(1). https://doi.org/10.1186/s12970-019-0292-9.

10. Chappell A, Simper T, Helms E. Nutritional strategies of British professional and amateur natural bodybuilders during competition preparation. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019;16(1). https://doi.org/10.1186/s12970-019-0302-y.

11. Trakman GL, Brown F, Forsyth A, Belski R. Modifications to the nutrition for sport knowledge questionnaire (NSQK) and abridged nutrition for sport knowledge questionnaire (ANSKQ). Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019;16(1). https://doi.org/10.1186/s12970-019-0293-8.

12. Grubic TJ, Sowinski RJ, Nevares BE, Jenkins VM, Williamson SL ,Reyes AG, et al. Comparison of ingesting a food bar containing whey protein and isomalto-oligosaccharides to carbohydrate on performance and recovery from an acute bout of resistance-exercise and sprint conditioning: An open label, randomized, counterbalanced, crossover pilot study. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019;16(1). https://doi.org/10.1186/s12970-019-0301-z.

13. Jang L-G, Choi G, Kim S-W, Kim B-Y, Lee S, Park H. The combination of sport and sport-specific diet is associated with characteristics of gut microbiota: An observational study. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019;16(1). https://doi.org/10.1186/s12970-019-0290-y.

14. Alcantara JMA, Sanchez-Delgado G, Martinez-Tellez B, Labayen I, Ruiz JR. Impact of cow's milk intake on exercise performance and recovery of muscle function: A systematic review. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019;16(1). https://doi.org/10.1186/s12970-019-0288-5.

15. Chernopolskaya N, Gavrilova N, Rebezov M, Dolmatova I, Zaitseva T, Somova Yu, et al. Biotechnology of specialized product for sports nutrition. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019;8(4):40–45.

16. Zobkova ZS, Fursova TP, Zenina DV, Gavrilina AD, Shelaginova IR. Fermented milk products as a component of functional nutrition. Dairy Industry. 2019;(2):44–46. (In Russ.).

17. Chernopolskaya NL, Gavrilova NB. Biotechnology of specialized food product based on milk for athletes' nutrition. Food Industry. 2019;(10):20–24. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10140.

18. Vygodchikova IYu. Estimating the parameters of a multiple linear regression model according to the minimax criterion. Journal of Applied Informatics. 2015;10(4):105–116. (In Russ.).

19. Kashirskih EV, Babich OO, Kriger OV, Ivanova SA. Oat protein concentrate as part of curd product for sport

nutrition. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):345–355. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-345-355.

20. Lisin PA, Voronova TD, Moliboga EA. Metodologiya proektirovaniya produktov pitaniya s zadannymi svoystvami i sostavom [Methodology for designing food products with specified properties and composition]. Omsk: P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University; 2015. 142 p. (In Russ.).