

Разработка замороженного мясного полуфабриката с пробиотической культурой *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG

Бажена В. Астафьева	¹	baskayevabazhena@gmail.com	 0000-0002-8850-5710
Кирилл А. Бабинцев	¹	kirik.bv@bk.ru	 0000-0003-2416-052X
Маликахон К. Курбонова	¹	kurbonova.m.k@ya.ru	 0000-0003-4764-1879
Никита Тютков	¹	nikita_tytkov@mail.ru	 0000-0002-7394-7524
Денис А. Бараненко	¹	denis.baranenko@itmo.ru	 0000-0002-9284-4379

¹ Национальный исследовательский университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия

Аннотация. Пробиотические микроорганизмы являются важной частью рациона для обеспечения здоровья человека. Разработка пробиотических функциональных продуктов питания и расширение их ассортимента за счёт новых товарных групп, в том числе на основании мясного сырья, является актуальной задачей пищевой промышленности. Цель работы – разработка замороженного мясного полуфабриката с пробиотической культурой *L. rhamnosus* GG для предприятий общественного питания. Для достижения цели исследования проводилось определение структурно-механических и органолептических показателей фарша и полуфабрикатов в зависимости от состава основного и вспомогательного сырья, а также микробиологическая оценка термостабильности инкапсулированной культуры микроорганизмов после замораживания, хранения и приготовления полуфабриката. По результатам исследования в качестве основного сырья выбраны говядина и говяжий жир-сырец и определена дозировка триполифосфата «STPP» – 0,15 кг/100 кг фарша. Образцы полуфабрикатов, произведенные по разработанной рецептуре, обладали наилучшими органолептическими и структурно-механическими свойствами (упругость – 78,2 Н·мм, адгезия – 1,3 Н·мм). Потери после термообработки и доведения полуфабрикатов до кулинарной готовности составляли до 30%, что делает продукт экономически целесообразным и соответствует выходам для продуктов данной категории на предприятиях общественного питания. Выживаемость *L. rhamnosus* GG после термообработки полуфабрикатов составила 59±2%, а их итоговое количество позволяет отнести продукт к классу пробиотических. Разработанные полуфабрикаты могут быть внедрены на предприятиях общественного питания.

Ключевые слова: инкапсулирование, пробиотики, термостабильность, лактобациллы, котлеты, мясопродукты, термообработка, функциональные пищевые продукты.

Development of a frozen semi-finished meat product with a probiotic culture of *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG

Bazhena V. Astafieva	¹	baskayevabazhena@gmail.com	 0000-0002-8850-5710
Kirill A. Babintsev	¹	kirik.bv@bk.ru	 0000-0003-2416-052X
Malikakhon K. Kurbonova	¹	kurbonova.m.k@ya.ru	 0000-0003-4764-1879
Nikita Tyutkov	¹	nikita_tytkov@mail.ru	 0000-0002-7394-7524
Denis A. Baranenko	¹	denis.baranenko@itmo.ru	 0000-0002-9284-4379

¹ ITMO University, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia

Abstract. Probiotic microorganisms are an important part of the diet for human health. The development of probiotic functional food products and the expansion of their range through new product groups, including those based on meat raw materials, is an urgent task for the food industry. The aim of the work is the development of a frozen semi-finished meat product with a probiotic culture *L. rhamnosus* GG for public catering establishments. To achieve the goal of the study, the determination of the structural-mechanical and organoleptic characteristics of minced meat and semi-finished products was carried out depending on the composition of the main and auxiliary raw materials, as well as the microbiological assessment of the thermal stability of the encapsulated culture of microorganisms after freezing, storage and preparation of the semi-finished product. Based on the results of the study, beef and raw beef fat were selected as the main raw materials, and the dosage of STPP tripolyphosphate was determined - 0.15 kg / 100 kg of minced meat. Samples of semi-finished products produced according to the developed recipe had the best organoleptic and structural-mechanical properties (elasticity - 78.2 N·mm, adhesion - 1.3 N·mm). Losses after heat treatment and bringing semi-finished products to culinary readiness were up to 30%, which makes the product economically viable and corresponds to the yields for products of this category at catering establishments. The survival rate of *L. rhamnosus* GG after heat treatment of semi-finished products was 59 ± 2%, and their final number allows us to classify the product as a probiotic. The developed semi-finished products can be introduced at catering establishments.

Keywords: encapsulation, probiotics, thermal stability, lactobacilli, cutlets, meat products, heat treatment, functional food products.

Для цитирования

Астафьева Б.В., Бабинцев К.А., Курбонова М.К., Тютков Н., Бараненко Д.А. Разработка замороженного мясного полуфабриката с пробиотической культурой *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 3. С. 53–59. doi:10.20914/2310-1202-2022-3-53-59

For citation

Astafieva B.V., Babintsev K.A., Kurbonova M.K., Tyutkov N., Baranenko D.A. Development of a frozen semi-finished meat product with a probiotic culture of *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 3. pp. 53–59. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-3-53-59

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Мясная продукция является основным источником незаменимых аминокислот, витаминов группы В, микроэлементов [1, 2].

Разработка новых подходов к мясной промышленности сегодня чрезвычайно актуальна, на это указывают прогнозы численности населения планеты [3]. Использование концепции персонализированного питания позволяет предотвратить ряд заболеваний у определенных групп населения [4, 5].

Применение пробиотиков, как функционального компонента, обеспечивает профилактику и лечение такого комплексного заболевания, как синдром раздраженного кишечника [6, 7]. Подтверждено благотворное влияние пробиотиков в профилактике и других расстройств: энтероколита, острой инфекционной диареи, острых инфекций дыхательных путей, диареи, связанной с антибиотиками, и детских колик [8].

Механизмы действия пробиотиков включают ингибирование бактериальной адгезии; усиление барьерной функции слизистой оболочки; модуляцию врожденной и адаптивной иммунной систем, секрецию биологически активных метаболитов; и регуляцию кишечной и центральной нервной систем [9].

Мета-анализ исследований указывает на возможность снижения потребления антибиотиков у детей, при употреблении пробиотиков [10, 11].

Активно обсуждается перспектива потенциального применения пробиотиков для профилактики и лечения COVID-19 [12].

Помимо инкапсулирования пробиотиков, широкое распространение сегодня приобрела совместная инкапсуляция бактерий и биологически активных соединений [13].

Цель работы – разработка замороженного мясного полуфабриката с пробиотической культурой *L. rhamnosus* GG для предприятий общественного питания.

В рамках работы были сформулированы следующие задачи:

Обосновать выбор компонентного состава рецептуры замороженных мясных полуфабрикатов;

Исследовать структурно-механические характеристики образцов замороженных мясных полуфабрикатов;

Определить органолептические показатели качества замороженных мясных полуфабрикатов;

Исследовать выживаемость *L. Rhamnosus* GG в разработанных полуфабрикатах после замораживания и термической обработки.

Материалы и методы

Объектами исследования служило мясное и вспомогательное сырьё, фарш и полуфабрикаты на его основе, а также микроорганизмы *L. rhamnosus* GG (DSM, Дания). Для стабилизации влагоудерживающей способности мясного фарша были опробованы цитрат натрия «Кондр» и фосфат «STPP» (Китай). Исследовали влагоудерживающие свойства фарша, а также число жизнеспособных микроорганизмов после замораживания и термической обработки продукта.

Инкапсулирование микроорганизмов производилось на аппарате В-390 (BUCHI, Швейцария). Раствор альгината натрия (2%) и суспензии микроорганизмов смешивали в пропорции 9:1 и осторожно перемешивали в течение 20 мин. Суспензию экструдировали по каплям через сопло в закаливающий раствор, содержащий лактат кальция (2% масс.). Полученные капсулы перемешивали в растворе лактата кальция в течение 40 мин для затвердевания полимерной структуры. Массовая доля микрокапсул, вносимых в продукт, составляла 5% масс.

Процесс доведения до кулинарной готовности замороженного мясного полуфабриката проводили в соответствии с современными тенденциями в сфере функционального питания и на доступных для предприятий общественного питания режимах [14, 15].

Анализ структурно-механических характеристик котлет производили на приборе EZ Test EZ-LX (Shimadzu, Япония). Оценивали степень упругости и адгезии образцов.

Сенсорные характеристики продукта анализировали посредством закрытой экспертизы по девятибалльной шкале и составления профилограммы, согласно средним оценкам из дегустационных листов.

Жизнеспособность микроорганизмов оценивали, как описано Chávarri M et al. [16]. Для оценки численности пробиотиков на протяжении полного технологического цикла для анализа использовали пробу после замораживания в морозильной камере при температуре -18 ± 1 °C, время выдержки – 24 ч; пробу после термической обработки продукта в температурном режиме согласно с общепризнанными температурными картами (температура в центре продукта 72 °C) [10].

Эффективность инкапсулирования бактерий оценивали, как описано Chávarri et al. [16]. Образцы капсул (100 мг) полностью растворяли в 9 мл 0,1 М цитрата натрия при легком перемешивании в течение 20 мин. После этого гомогенизированные образцы разбавляли до соответствующей концентрации и высевали на агар MRS. Образцы инкубировали в течение 3 сут при 37 °C.

После этого измеряли жизнеспособность инкапсулированных клеток. Производился подсчет колониобразующих единиц (КОЕ/мл) в пробах. Степень жизнеспособности рассчитывали в соответствии с уравнением (А):

$$EE = \frac{\log_{10} N1}{\log_{10} N0} \times 100\%$$

При этом N0 – количество захваченных бактериальных клеток, загруженных внутрь капсулы, а N1 – количество свободных бактериальных клеток, добавленных в биполимерную смесь в процессе приготовления капсул. Количество клеток *L. rhamnosus* GG выражали как среднее значение \pm стандартное квадратичное отклонение из трех независимых экспериментов.

Результаты

Для обеспечения требуемых органолептических характеристик фарша при сохранении

приемлемой себестоимости в качестве основного сырья были выбраны постная говядина и говяжий жир-сырец, получаемые жилованием мясного тримминга. При таком подходе удаётся соблюсти соотношение мышечной ткани к жировой стабилизировать качественные показатели продукции, в частности «мраморность» полуфабрикатов, которая востребована на предприятиях общественного питания.

Дозировки добавок фосфата и цитрата (таблица 1) выбирались согласно спецификации производителя для двух наиболее близких типов продукции и с учётом их стоимостных характеристик, при этом учитывали необходимый рН получаемого фарша, органолептические показатели продукта и процент потерь при термообработке. На основании полученных данных было обосновано применение триполифосфата «STPP» в количестве 0,15 кг/100 кг фарша.

Таблица 1.

Влияние различных дозировок вспомогательных ингредиентов на органолептические характеристики

Table 1.

Effect of different dosages of additives on the organoleptic characteristics of the product

Название добавки Name of the additive	Дозировка кг/100 кг Dosage kg/100 kg	Потери при жарке мясного фарша, % Minced meat frying losses, %	Органолептическая характеристика готового продукта, оценка по шкале (1–9 баллов) Sensory characteristics of the finished product, scale score (1–9 points)	
			Сочность и хрусткость Juiciness and crispiness	Вкус Taste
Триполифосфат «STPP» Tripolyphosphate «STPP»	0,03	48	8,8	8,0
Триполифосфат «STPP» Tripolyphosphate «STPP»	0,15	30	9,2	8,7
Соль лимонной кислоты (цитрат натрия) Citric acid salt (sodium citrate)	0,05	51	7,4	7,8
Соль лимонной кислоты (цитрат натрия) Citric acid salt (sodium citrate)	0,10	43	7,8	8,3

Структурно-механические свойства

Данные анализа структурно-механических характеристик образцов восьми рецептур полуфабрикатов приведены на рисунке 1. В результате исследования структурно-механических

свойств были получены данные адгезии и упругости образцов полуфабрикатов (таблица 2). Данные были получены графическим методом путем расчета площади под кривой (для упругости) и под отрицательным пиком (для адгезии).

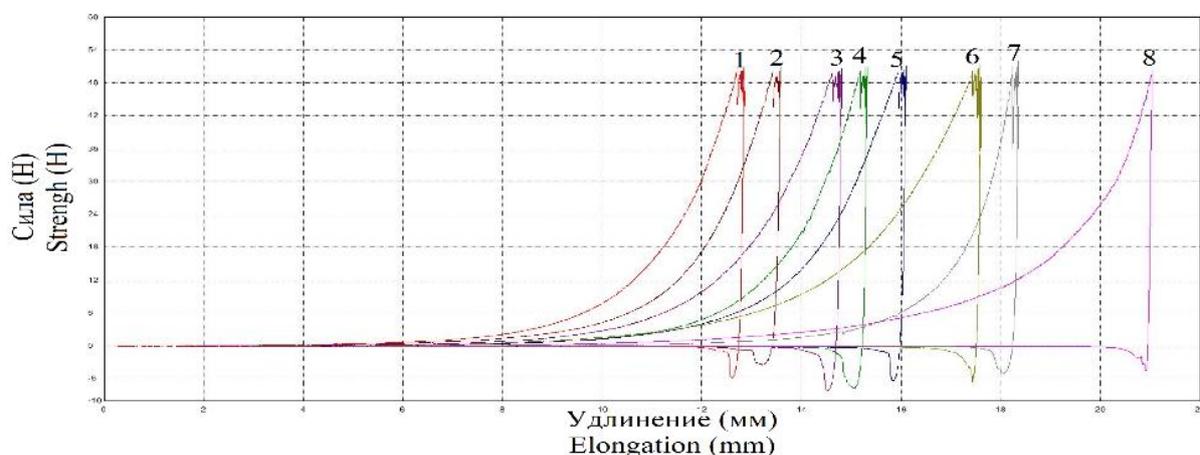


Рисунок 1. Образцы мясных полуфабрикатов: 1–5 – опытные образцы полуфабрикаты, 6–8 – коммерческие аналоги
Figure 1. Meat product samples: 1–5 – experimental prototypes, 6–8 – commercial equivalents

Таблица 2.
Структурно-механические свойства образцов
мясных полуфабрикатов

Table 2.
Structural and mechanical properties of samples
of meat products

Образец Sample	Упругость, Н×мм; Elasticity, N×mm	Адгезия, Н×мм; Adhesion, N×mm
1	78,2	1,3
2	74,5	1,5
3	87,9	2,4
4	84,3	1,6
5	73,4	2,9
6	109,5	1,8
7	96,5	1,1
8	55,1	1,8

Органолептические характеристики

Органолептические характеристики оценивали для четырёх экспериментальных образцов с наилучшими структурно-механическими характеристиками (рисунок 2). Продукт № 1 (код D6) получил наиболее высокую органолептическую оценку и использовался в качестве основы для дальнейших исследований.

В результате работ по комбинации различных соотношений основного и вспомогательного сырья и параметров его обработки, была разработана рецептура полуфабрикатов D6, представленная в таблице 3.

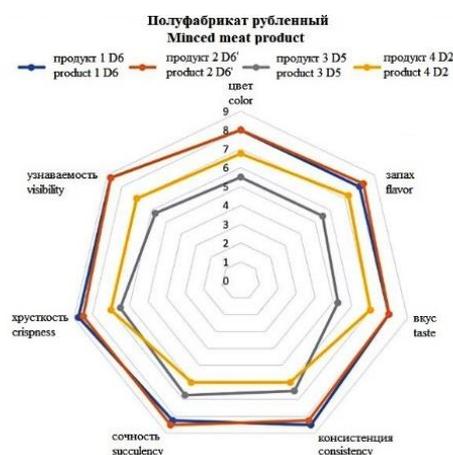


Рисунок 2. Профилограмма органолептической оценки образцов мясных полуфабрикатов

Figure 2. Sensory evaluation profilogram of meat product samples

Таблица 3.
Рецептура мясного полуфабриката

Table 3.
Composition of meat product

Сырье Raw materials	Количество, кг/100 кг Quantity, kg/100 kg
Постная говядина Lean beef	61,00
Жир говяжий Beef fat	20,00
Коллаген говяжий сухой Dry beef collagen	1,50
Соль Salt	0,20
Фосфат «СТРР» Phosphate "STPP"	0,15
Моно- и диглицериды жирных кислот Mono – and diglycerides of fatty acids	0,02
Микрокапсулы с <i>L. rhamnosus</i> GG <i>L. rhamnosus</i> GG microcapsules	5
Вода Water	12,13

Эффективность инкапсулирования

Для определения влияния процесса инкапсулирования на число жизнеспособных микроорганизмов исследовали эффективность инкапсулирования по уравнению А, результаты представлены в таблице 4.

Устойчивость инкапсулированных форм *L. rhamnosus* GG к замораживанию при -18

Устойчивость к замораживанию инкапсулированных форм оценивали с помощью воздействия низких температур -18 ± 1 °C в течение 24 ч.

Количество микроорганизмов в капсулах до замораживания составляло $9,67 \pm 0,29$ lg (КОЕ/мл). После замораживания капсул количество живых микроорганизмов составило $8,86 \pm 0,16$ lg (КОЕ/мл), для капсул, замороженных в составе мясного полуфабриката, значение было равно $9,28 \pm 0,15$ lg (КОЕ/мл). Устойчивость рассчитывали, как отношение подверженных замораживанию микроорганизмов к первоначальному содержанию в капсулах. Значение для свободных капсул составило $91,6 \pm 2,0\%$, для капсул в продукте $96 \pm 3\%$.

Жизнеспособность микроорганизмов после термообработки составила $59 \pm 2\%$, что обеспечивает в продукте количество *L. rhamnosus* GG, позволяющее отнести его к пробиотическим.

Эффективность инкапсулирования *L. rhamnosus* GG

Таблица 4.

Encapsulation efficiency of *L. rhamnosus* GG

Table 4.

Размер микрокапсул, мкм; Microcapsule size, μm	Концентрация биомассы, КОЕ/мл; Biomass concentration, CFU/ml	Концентрация клеток в микрокапсулах, КОЕ/мл; Cell concentration in microcapsules, CFU/ml	Эффективность инкапсулирования, %; Encapsulation efficiency, %
200–300	$(7,48 \pm 0,3) \times 10^9$	$(4,68 \pm 0,28) \times 10^9$	$95,1 \pm 1,9$

Обсуждение

По органолептическим показателям разработанная рецептура мясного полуфабриката не уступает коммерческим аналогам, доступным на рынке.

Как видно из таблицы 1, повышение концентрации влагоудерживающего агента ведет к снижению потерь при термической обработке продукта. Органолептические характеристики показали улучшение при снижении потерь (улучшение сочности и вкуса).

Результаты структурно-механического анализа показали умеренную упругость всех экспериментальных образцов. Показатели упругости около 100 единиц и выше были характерны для избыточно жестких образцов, консистенцию которых можно обозначить, как слишком сухую, «бумажную». Это было характерно для двух коммерческих аналогов полуфабрикатов

В исследованиях Erdogdu et al. применение триполифосфата натрия позволило снизить потери при варке и улучшить текстурные свойства, главным образом за счет увеличения водоудерживающей способности белков. Однако увеличение температуры или времени приготовления увеличивает степень денатурации белков мяса, что приводит к снижению водоудерживающей способности. Количество триполифосфата, диффундировавшего в мясо, играет важную роль в этих изменениях [17].

Другое исследование показало, что 6% концентрация сложных фосфатов повышает влагоудерживающую способность и пищевую ценность филе морского окуня. Кроме того, улучшились качественные характеристики обработанного филе. Влияние соединений фосфатов на удержание воды и качество филе исследовали в условиях смоделированных *in vitro*. Усвояемость белка при переваривании вареного и жареного филе увеличилась на 67,27 и 57,39% соответственно; размер белковых частиц уменьшился на 1148,79 и 951,07 нм соответственно. Атомно-силовые микроструктуры выявили значительное снижение агрегации макромолекулярных белков при переваривании филе [18].

Эффективность инкапсулирования *L. rhamnosus* GG может быть охарактеризована, как высокая, что значительно выше, чем полученная ранее для *L. plantarum* SP-A3 – $88,9 \pm 2,5\%$ [19]. Одно из возможных объяснений заключается в меньшем размере клеток этого штамма, по сравнению с *L. plantarum*.

Устойчивость инкапсулированных пробиотических бактерий оказалась лучше при их замораживании в составе полуфабрикатов, что может быть обусловлено криопротекторными свойствами матрицы продукта, внутри которой кристаллы льда распределяются более равномерно, по сравнению с замораживанием свободных капсул в воздухе.

Полуфабрикаты после термообработки обеспечивали содержание пробиотических компонентов, позволяющее отнести их к классу пробиотических пищевых продуктов.

Заключение

Были разработаны мясные замороженные полуфабрикаты круглой формы диаметром 120 мм, толщиной 10 мм, массой 110 г. Средние потери для разработанного продукта при термообработке составляют 30% от общей массы, что приемлемо для данного вида продукции. В процессе замораживания опытные образцы не теряли первоначальный цвет и структуру, остальные органолептические характеристики так же не были подвержены изменениям.

Инкапсулирование *L. rhamnosus* GG в альгинатные капсулы размером 200–300 мкм, существенно повышает выживаемость культуры после замораживания и температурного воздействия, при приготовлении пищевого продукта.

Результаты исследования технико-экономических показателей продемонстрировали себестоимость полуфабрикатов не выше наиболее распространенных на рынке коммерческих аналогов массового сегмента для предприятий общественного питания.

Разработанные полуфабрикаты могут быть внедрены на предприятиях общественного питания. Кроме того, важным результатом работы является демонстрация возможности получения пробиотического мясного замороженного полуфабриката, сохраняющего биологическую ценность после всех видов обработки, вплоть до доведения до кулинарной готовности продукции и употребления потребителем.

В последующих исследованиях стоит уделить внимание использованию пребиотиков в составе подобного вида продукции, а также дальнейшему повышению биологической ценности с использованием других биологически активных веществ.

Литература

- 1 Pereira P.M.C.C., Vicente A.F.R.B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet // Meat Sci. 2013. V. 93. № 3. P. 586–592. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018
- 2 Ahmad R.S., Imran A., Hussain M.B. Nutritional Composition of Meat // Meat Science and Nutrition. IntechOpen, 2018. P. 61–77.
- 3 Zhou G., Zhang W., Xu X. China's meat industry revolution: Challenges and opportunities for the future // Meat Sci. Elsevier. 2012. V. 92. № 3. P. 188–196. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.016

- 4 Bonny S.P.F., Gardner G.E., Pethick D.W., Hocquette J.F. Artificial meat and the future of the meat industry // *Anim. Prod. Sci. CSIRO*. 2017. V. 57. № 11. P. 2216–2223. doi:10.1071/AN17307
- 5 Lynch S.A., Mullen A.M., O'Neill E., Drummond L. et al. Opportunities and perspectives for utilisation of co-products in the meat industry // *Meat Sci.* 2018. V. 144. P. 62–73. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.06.019
- 6 Ng Q.X., Soh A.Y.S., Loke W., Lim D.Y. et al. The role of inflammation in irritable bowel syndrome (IBS) // *Journal of inflammation research*. 2018. V. 11. P. 345–349. doi: 10.2147/JIR.S174982
- 7 Holtmann G.J., Ford A.C., Talley N.J. Pathophysiology of irritable bowel syndrome // *The lancet Gastroenterology & hepatology*. 2016. V. 1. № 2. P. 133–146. doi: 10.1016/S2468-1253(16)30023-1
- 8 Liu Y., Tran D.Q., Rhoads J.M. Probiotics in Disease Prevention and Treatment // *J. Clin. Pharmacol.* 2018. V. 58. № S10. P. S164–S179. doi: 10.1002/jcph.1121
- 9 Chua K.J. et al. Designer probiotics for the prevention and treatment of human diseases // *Current Opinion in Chemical Biology*. 2017. V. 40. P. 8–16. doi: 10.1016/j.cbpa.2017.04.011
- 10 Wang Y. et al. Probiotics for prevention and treatment of respiratory tract infections in children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Medicine (Baltimore)*. 2016. V. 95. № 31.
- 11 King S., Tancredi D., Lenoir-Wijnkoop I., Gould K. et al. Does probiotic consumption reduce antibiotic utilization for common acute infections? A systematic review and meta-analysis // *European journal of public health*. 2019. V. 29. № 3. P. 494–499. doi: 10.1093/eurpub/cky185
- 12 Olaimat A.N., Aolymat I., Al-Holy M., Ayyash M. et al. The potential application of probiotics and prebiotics for the prevention and treatment of COVID-19 // *npj Science of Food*. 2020. V. 4. № 1. P. 1–7. doi: 10.1038/s41538-020-00078-9
- 13 Misra S., Pandey P., Mishra H.N. Novel approaches for co-encapsulation of probiotic bacteria with bioactive compounds, their health benefits and functional food product development: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. V. 109. P. 340–351. doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.039
- 14 Davis B., Lockwood A., Alcott P., Pantelidis I.S. *Food and Beverage Management*. Routledge, 2018. 404 p.
- 15 ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.
- 16 Chávarri M. et al. Microencapsulation of a probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastro-intestinal conditions // *Int. J. Food Microbiol.* 2010. V. 142. № 1–2. P. 185–189. doi: 10.1016/j.jfoodmicro.2010.06.022
- 17 Erdogdu S.B., Erdogdu F., Ekiz H.I. Influence of Sodium Tripolyphosphate (stp) treatment and cooking time on cook losses and textural properties of red meats // *J. Food Process Eng.* 2007. V. 30. № 6. P. 685–700. doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00139.x
- 18 Jia Z.H., Guo Z.H., Wang W., Yi S.M. et al. Effect of compound phosphate on the water-holding capacity and nutritional quality of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) fillets // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022. V. 46. № 6. P. e16511. doi: 10.1111/jfpp.16511
- 19 Астафьева Б.В., Бабинцев К.А., Курбонова М.К., Тютков Н. и др. Исследование термостабильности функционального пробиотического пищевого ингредиента на основе инкапсулированных микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* SP-A3 // *Вестник Международной академии холода*. 2022. № 2. С. 42–47.
- 20 Речкина Е.А., Губаненко Г.А., Рубчевская Л.П., Машанов А.И. Исследование и разработка мясных рубленых полуфабрикатов // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2015. № 8. С. 133-137.

References

- 1 Pereira P.M.C.C., Vicente A.F.R.B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 2013. vol. 93. no. 3. pp. 586–592. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018
- 2 Ahmad R.S., Imran A., Hussain M.B. Nutritional Composition of Meat. *Meat Science and Nutrition*. IntechOpen, 2018. pp. 61–77.
- 3 Zhou G., Zhang W., Xu X. China's meat industry revolution: Challenges and opportunities for the future. *Meat Sci.* Elsevier. 2012. vol. 92. no. 3. pp. 188–196. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.016
- 4 Bonny S.P.F., Gardner G.E., Pethick D.W., Hocquette J.F. Artificial meat and the future of the meat industry. *Anim. Prod. Sci. CSIRO*, 2017. vol. 57. no. 11. pp. 2216–2223. doi:10.1071/AN17307
- 5 Lynch S.A., Mullen A.M., O'Neill E., Drummond L. et al. Opportunities and perspectives for utilisation of co-products in the meat industry. *Meat Sci.* 2018. vol. 144. pp. 62–73. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.06.019
- 6 Ng Q.X., Soh A.Y.S., Loke W., Lim D.Y. et al. The role of inflammation in irritable bowel syndrome (IBS). *Journal of inflammation research*. 2018. vol. 11. pp. 345–349. doi: 10.2147/JIR.S174982
- 7 Holtmann G.J., Ford A.C., Talley N.J. Pathophysiology of irritable bowel syndrome. *The lancet Gastroenterology & hepatology*. 2016. vol. 1. no. 2. pp. 133–146. doi: 10.1016/S2468-1253(16)30023-1
- 8 Liu Y., Tran D.Q., Rhoads J.M. Probiotics in Disease Prevention and Treatment. *J. Clin. Pharmacol.* 2018. vol. 58. no. S10. pp. S164–S179. doi: 10.1002/jcph.1121
- 9 Chua K.J. et al. Designer probiotics for the prevention and treatment of human diseases. *Current Opinion in Chemical Biology*. 2017. vol. 40. pp. 8–16. doi: 10.1016/j.cbpa.2017.04.011
- 10 Wang Y. et al. Probiotics for prevention and treatment of respiratory tract infections in children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)*. 2016. vol. 95. no. 31.
- 11 King S., Tancredi D., Lenoir-Wijnkoop I., Gould K. et al. Does probiotic consumption reduce antibiotic utilization for common acute infections? A systematic review and meta-analysis. *European journal of public health*. 2019. vol. 29. no. 3. pp. 494–499. doi: 10.1093/eurpub/cky185
- 12 Olaimat A.N., Aolymat I., Al-Holy M., Ayyash M. et al. The potential application of probiotics and prebiotics for the prevention and treatment of COVID-19. *npj Science of Food*. 2020. vol. 4. no. 1. pp. 1–7. doi: 10.1038/s41538-020-00078-9

13 Misra S., Pandey P., Mishra H.N. Novel approaches for co-encapsulation of probiotic bacteria with bioactive compounds, their health benefits and functional food product development: A review. Trends in Food Science & Technology. 2021. vol. 109. pp. 340–351. doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.039

14 Davis B., Lockwood A., Alcott P., Pantelidis I.S. Food and Beverage Management. Routledge, 2018. 404 p.

15 GOST 32951-2014. Semi-finished products meat and meat-containing. General specifications. Moscow, Standartinform, 2014. 20 p. (in Russian).

16 Chávarri M. et al. Microencapsulation of a probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastro-intestinal conditions. Int. J. Food Microbiol. 2010. vol. 142. no. 1–2. pp. 185–189. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.06.022

17 Erdogdu S.B., Erdogdu F., Ekiz H.I. Influence of Sodium Tripolyphosphate (stp) treatment and cooking time on cook losses and textural properties of red meats. J. Food Process Eng. 2007. vol. 30. no. 6. pp. 685–700. doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00139.x

18 Jia Z.H., Guo Z.H., Wang W., Yi S.M. et al. Effect of compound phosphate on the water-holding capacity and nutritional quality of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) filets. Journal of Food Processing and Preservation. 2022. vol. 46. no. 6. pp. e16511. doi: 10.1111/jfpp.16511

19 Astafieva B.V., Babintsev K.A., Kurbonova M.K., Tyutkov N. et al. Study of the thermal stability of a functional probiotic food ingredient based on encapsulated microorganisms *Lactobacillus plantarum* SP-A3. Bulletin of the International Academy of Cold. 2022. no. 2. pp. 42–47. (in Russian).

20 Rechkina E.A., Gubanenko G.A., Rubchevskaya L.P., Mashanov A.I. Research and development of meat chopped semi-finished products. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2015. no. 8. pp. 133-137. (in Russian).

Сведения об авторах

Бажена В. Астафьева аспирант, инженер, факультет биотехнологий, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, baskayevabazhena@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8850-5710>

Кирилл А. Бабинцев магистрант, инженер, факультет биотехнологий, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, kirik.bv@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2416-052X>

Маликахон К. Курбонова аспирант, инженер, факультет биотехнологий, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, kurbonova.m.k@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4764-1879>

Никита Тютков аспирант, инженер, факультет биотехнологий, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, nikita_tytkov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7394-7524>

Денис А. Бараненко к.т.н., доцент, факультет биотехнологий, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, denis.baranenko@itmo.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9284-4379>

Вклад авторов

Бажена В. Астафьева разработала функциональный продукт, проводила эксперименты, написала рукопись

Кирилл А. Бабинцев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Маликахон К. Курбонова консультация в ходе исследования, корректировка текста рукописи

Никита Тютков написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Денис А. Бараненко обозначил проблематику, консультировал по выполнению и интерпретации данных эксперимента, отредактировал рукопись

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Bazhena V. Astafieva postgraduate student, engineer, faculty of biotechnology, ITMO University, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, baskayevabazhena@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8850-5710>

Kirill A. Babintsev master student, engineer, faculty of biotechnology, ITMO University, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, kirik.bv@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2416-052X>

Malikakhon K. Kurbonova postgraduate student, engineer, faculty of biotechnology, ITMO University, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, kurbonova.m.k@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4764-1879>

Nikita Tyutkov postgraduate student, engineer, faculty of biotechnology, ITMO University, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, nikita_tytkov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7394-7524>

Denis A. Baranenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, faculty of biotechnology, ITMO University, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, denis.baranenko@itmo.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9284-4379>

Contribution

Bazhena V. Astafieva developed a functional product, conducted experiments, wrote the manuscript

Kirill A. Babintsev review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Malikakhon K. Kurbonova consultation during the study, correction of the manuscript text

Nikita Tyutkov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Denis A. Baranenko outlined the problem, advised on the implementation and interpretation of experimental data, edited the manuscript

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/07/2022

После редакции 29/07/2022

Принята в печать 17/08/2022

Received 05/07/2022

Accepted in revised 29/07/2022

Accepted 17/08/2022