

А.Б. ПОДВОЛОЦКАЯ, Л.А. ТЕКУТЬЕВА,
О.М. СОН., Е.С. ФИЩЕНКО, В.И. БОБЧЕНКО

**Перспектива использования
иммобилизованных молочнокислых
микроорганизмов
в моделировании напитков
на основе молочной сыворотки**

В статье обосновывается перспектива использования полисахаридов морского генеза в составе ферментированного напитка на основе молочной сыворотки на примере экспериментальной модели. Затронуты вопросы качества и безопасности, рассмотрена сравнительная динамика изменений микробиологических показателей при хранении напитка с полисахаридом и без. Доказана стабилизирующая роль полисахарида морского генеза при хранении напитка на основе молочной сыворотки.

Ключевые слова: молочная сыворотка, биотехнология ферментированных напитков, молочнокислые бактерии, полисахариды.

The prospect of using immobilized lactic acid micro-organisms in the simulation of whey-based beverages. A.B. PODVOLOTSKAYA, L.A. TEKUTEVA, O.M. SON, E.C. FISHCHENKO, V.I. BOBCHENKO.

The article demonstrates the feasibility of the prospect for application of marine genesis polysaccharides as a component of a whey-based fermented beverage as an example of the experimental model. The issues of quality and safety, and the comparative dynamics of microbial indicators changing during storing beverages with and without polysaccharides were considered. Stabilizing role of marine genesis polysaccharides during storing whey-based beverages was proved.

Key words: whey, biotechnology of fermented beverages, lactic acid bacteria, polysaccharides.

В постановлении Правительства РФ № 917 от 10.08.98 «О концепции государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации» на период до 2020 г. отмечена приоритетная значимость питания. Цель государственной политики в области здорового питания заключается в сохранении и укреплении здоро-

вья населения, а также в профилактике заболеваний, вызванных нехваткой в рационе питания полноценных белков, витаминов, пищевых волокон, макро- и микронутриентов [1, 18, 19].

Наиболее интересными с точки зрения простоты и возможностей конструирования являются напитки, которые адресованы большому кругу потребителей. Современные биотехнологии дают возможность их моделирования под сезонные, возрастные, физиологические, профессиональные, профилактические потребности различных групп населения с использованием технологий, направленных на увеличение биодоступности микро- и макронутриентов, на сохранение стабильности при хранении [6, 8]. Для этих целей широко используют молочнокислые микроорганизмы – продуценты ферментов, витаминов, аминокислот, бактериоцинов, которые могут быть иммобилизованы на различных полисахаридных носителях морского и наземного происхождения или инкапсулированы в них [7, 10, 11, 13].

Перспективным сырьем животного происхождения является относительно доступная и дешевая молочная сыворотка. Сыворотка является продуктом с естественным набором жизненно важных минеральных соединений. Молочную сыворотку можно рассматривать как истинный раствор, получаемый после удаления жира и белков из молока. Микроэлементный состав молочной сыворотки следующий (мкг/кг): железо – 674,0; цинк – 3108; медь – 7, 6; кобальт – 6,085; и др. (более 20 наименований). В нее переходят практически все витамины молока, и в первую очередь водорастворимые, а некоторые (например, холин) даже накапливаются. Белки, содержащиеся в молочной сыворотке (около 20 %), по своему составу и свойствам относятся к наиболее ценным белкам животного происхождения, так как являются источником незаменимых аминокислот: лизина, триптофана, метионина, треонина [9, 12, 14, 15, 16].

Неоднозначным компонентом молочной сыворотки является лактоза, которая, с одной стороны, представляет собой уникальный вид углевода, играющего важную физиологическую роль в организме, который в природе больше нигде, кроме молочного сырья, не встречается, а с другой – является крайне нежелательным компонентом напитков для лиц, страдающих лактазной недостаточностью, распространенной у 16–18 % взрослого населения России [5]. С точки зрения биотехнологической переработки молочной сыворотки интересно производство напитков, при получении которых применяют микроорганизмы, утилизирующие лактозу. Наличие в молочной сыворотке легкоусвояемых многими видами микроорганизмов источников углеводного питания, а также различных ростовых факторов выдвигают ее в ряд наиболее ценных сред для получения продуктов бактериальной ферментации [8].

Нашей задачей явилась разработка рецептуры и технологии ферментированного напитка на основе молочной сыворотки с использованием иммобилизованных молочнокислых микроорганизмов. Экспе-

риментальные исследования проводились в лаборатории кафедры товароведения и экспертизы товаров, аккредитованном испытательном лабораторном центре «Лабораторный комплекс ветеринарно-санитарной экспертизы» Инновационного технологического центра Дальневосточного федерального университета.

В качестве сырья для создания напитка использовались молочная сыворотка (Молочного завода «Уссурийский», соответствующая ОСТ 10 213-97), сироп шиповника на фруктозе, биогель «Ламиналь», сухая молочнокислая закваска «VIVO».

Исследуемый полисахарид вводили в закваску, тщательно гомогенизируя его с культурой молочнокислых бактерий. Разработку рецептуры напитка проводили в соответствии с требованиями действующей нормативной документации (табл. 1).

Таблица 1

Рецептура напитка

Наименование сырья	Норма, г
Сыворотка творожная	76,19
Ламиналь	5
Хлористый натрий	0,7
Сироп шиповника на фруктозе	0,007
Закваска микробиологическая	20
ИТОГО	100,0

При разработке рецептуры учитывали важные показатели: вкус, аромат, цвет, внешний вид напитка. Напиток упаковывали в потребительскую тару. Для лучшего сохранения полезных веществ рекомендуется использовать затемненную тару. Упакованный продукт направляли в холодильную камеру для охлаждения до температуры 4–8 °С. После этого технологический процесс считается законченным и напиток готов к реализации. С момента окончания технологического процесса напитки хранят при температуре не выше 6 °С (рис. 1).

На примере микрофотографий осадка напитков с использованием полисахаридного носителя (рис. 2) и без него (рис. 3), показана разница в распределении молочнокислых микроорганизмов. При использовании носителя большинство бактерий адгезировано на его поверхности и покрыто защитным слоем экзополисахарида, в напитке без носителя бактерии находятся в виде взвеси и микроколоний в общем объеме.

При исследовании физико-химических показателей изучали титруемую кислотность, массовую долю сухих веществ, массовую долю растворимых сухих веществ, содержание лактозы, массовую долю сахара, содержание витамина С, массовую долю белка, хлоридов, кальция, магния (табл. 2).

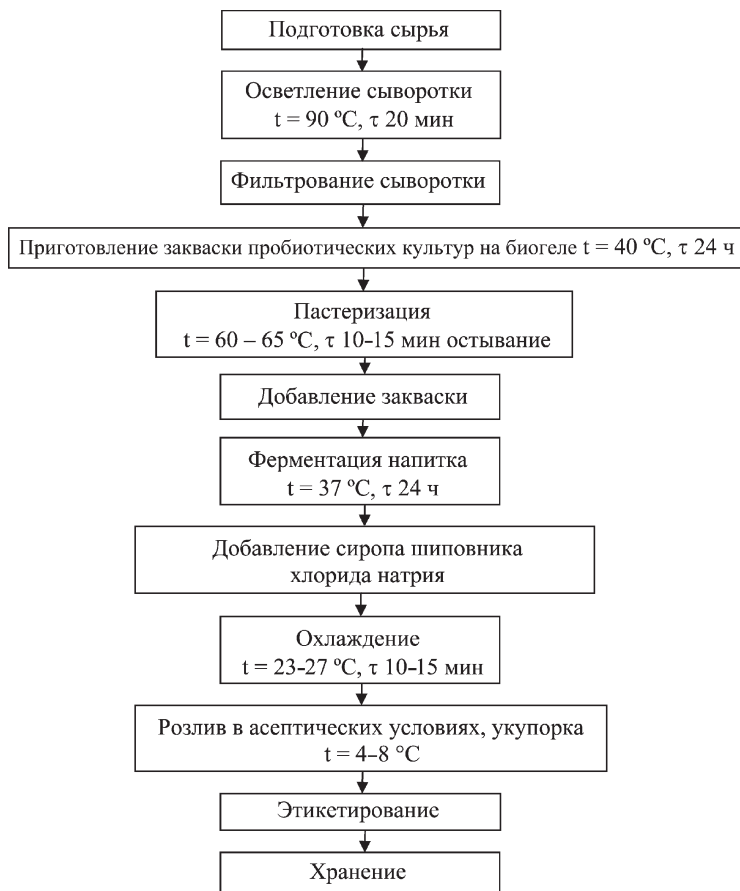


Рис. 1. Технологическая схема производства напитка

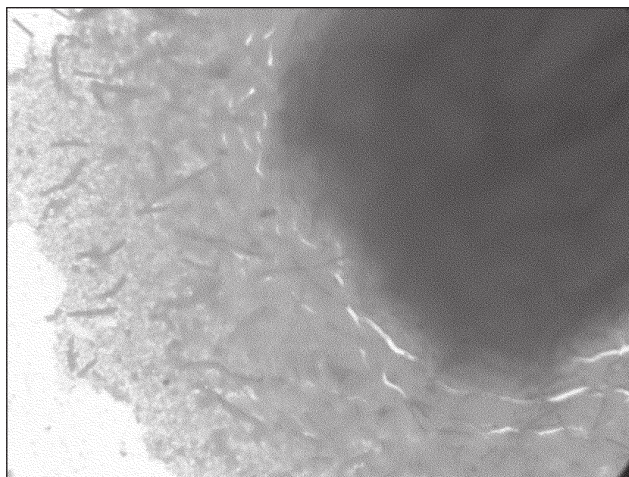


Рис. 2. Полисахаридный носитель с микроколониями молочнокислых микроорганизмов в готовом напитке (микрофотография, увеличение окуляр *10, объектив *90, с масляной иммерсией, объектив фотоаппарата на рис. 5. *5. Окраска по Граму)

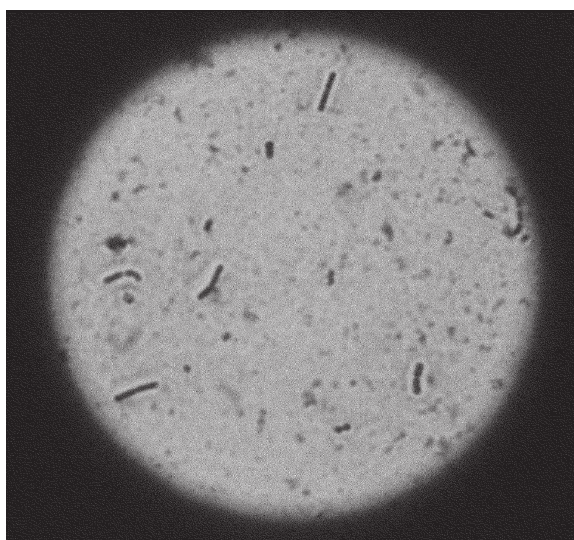


Рис. 3. Молочнокислые микроорганизмы в готовом напитке без полисахаридного носителя (микрофотография с увеличением окуляр* 10, объектив *90, с масляной иммерсией. Окраска по Граму)

Таблица 2

Физико-химические показатели качества продукции

Контролируемые показатели	Образцы		
	Сыворотка	Ферментат	Конечный напиток
Титруемая кислотность, °Т	31±0,05	40±0,05	45±0,05
Массовая доля сухих веществ, %	5,75±0,01	5,23±0,01	5,30±0,01
Массовая доля растворимых сухих веществ при 20 °С, %	7,2±0,01	7,0±0,01	10,1±0,01
Содержание лактозы, %	4,3±0,01	2,9±0,01	2,8±0,01
Массовая доля общих сахаров, %	3,5±0,01	-	4,5±0,01
Содержание витамина С, мг %	0,26±0,01	0,42±0,01	0,79±0,01
Массовая доля белка, %	0,4±0,01	0,36±0,01	0,36±0,01

Кислотность напитков повышается из-за того, что молочнокислые микроорганизмы продуцируют молочную кислоту. Содержание сухих веществ в напитке составляет 5,3 %, что соответствует обычному безалкогольному напитку.

Содержание лактозы в напитке изменяется с 4,3 до 2,8 %, что связано с ее ферментацией молочнокислыми бактериями закваски. Уве-

личение витамина С в ферментированной сыворотке в 2 раза по сравнению с исходным сырьем связано с деятельностью компонента микробиологической закваски *S. termophilus*. Увеличение конечной концентрации витамина С в напитке до 0,79 мг % напрямую зависит от добавления сиропа «Шиповник на фруктозе». Суточная доза потребления витамина С составляет 90 мг/сут. Свежеприготовленный напиток удовлетворяет суточную потребность на 11 %.

Стойкость напитков в процессе хранения (40 суток) оценивали в соответствии с ГОСТ 6687.6-88. Согласно задаче по установлению стабильности хранения образец напитка хранился в среде, регламентируемой техническими условиями: температура 4 ± 6 °С и ОВВ 70 ± 2 %. В течение всего срока хранения внешний вид и цвет напитков не изменялись. При сравнении физико-химических и органолептических показателей (вкус) в процессе хранения отмечено, что титруемая кислотность, титр молочнокислых микроорганизмов и органолептические показатели напитка с альгинатным носителем изменились на 40-е сутки, без альгинатного носителя – на 15-е сутки.

Была прослежена динамика контролируемых показателей в процессе хранения готового напитка (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты хранения напитка при температуре 4 ± 6 °С
и относительной влажности 70 %**

Время хранения	Контролируемые показатели		
	Массовая доля сухих веществ, %	Титруемая кислотность, °Т	Содержание витамина С, мг %
	не менее 5,3 %	не более 50,0 °Т	не менее 0,79 мг %
Фон	5,3±0,01	45,0±0,05	0,79±0,01
7-е сутки	5,3±0,01	45,31±0,05	0,81±0,01
14-е сутки	5,27±0,015	45,36±0,03	0,83±0,01
20-е сутки	5,25±0,015	46,47±0,01	0,92±0,01
30-е сутки	5,25±0,01	48,32±0,05	0,98±0,01
40-е сутки	5,25±0,01	50,04±0,03	0,91±0,005

Судя по динамике контролируемых показателей, массовая доля сухих веществ в образце напитка в процессе хранения практически не изменяется. Титруемая кислотность при сроке до 20 суток стабильна и увеличивается всего на 1,5 °Т. На 30-е сутки одновременно с увеличением содержания витамина С титруемая кислотность резко возрастает на 3 °Т, находясь в верхних пределах норматива. На 40-е сутки хранения одновременно с незначительным снижением содержания витамина С происходит увеличение титруемой кислотности выше регламентированной нормы. Полученная динамика определяет срок годно-

сти не более 30 суток на предельных показателях и 20 суток стабильного состояния напитка. Срок годности напитка без полисахаридного носителя не превысил 14 суток. По показателям безопасности полученный напиток соответствует ТР ТС 033/2013.

Сравнительное изучение динамики изменения микробиологических показателей качества и безопасности [4] в напитке с полисахаридным носителем (опыт) и без него (контроль) в процессе хранения при температуре 6 °С в течение 40 суток показало следующее: БГКП, патогенные микроорганизмы, *S. aureus*, а также *L. monocytogenes* в течение всего срока хранения в обоих образцах обнаружены не были; КМАФАнМ также находился в нормируемых пределах (рис. 4). При этом количественная составляющая данного показателя в напитке без носителя при сроке хранения от 15 до 30 суток логарифмически увеличивается по сравнению с показателями опытного напитка, при сроке от 30 до 35 суток стабилизировалась, от 35 до 40 суток логарифмически снизилась, что совпадало с резким увеличением титруемой кислотности. Количественные показатели опытного напитка значительно стабильнее, и в течение 40 суток наблюдалась только фаза логарифмического роста при значительно меньшем количестве микроорганизмов; количество молочнокислых бактерий *L. acidophilicus*, *S. ter-mophylus* (рис. 5, 6) в образце с добавлением полисахарида более стабильно в процессе хранения на протяжении всего эксперимента. На 40-е сутки заметно снижение контролируемого показателя.

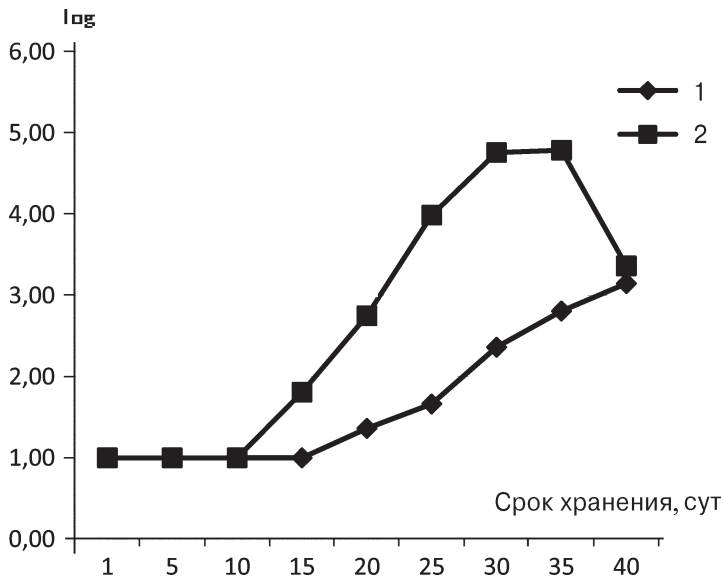


Рис. 4. Динамика изменения КМАФАнМ в процессе хранения. Здесь и на рис. 5, 6: 1 – КМАФАнМ в напитке с полисахаридным носителем; 2 – КМАФАнМ в напитке без полисахаридного носителя

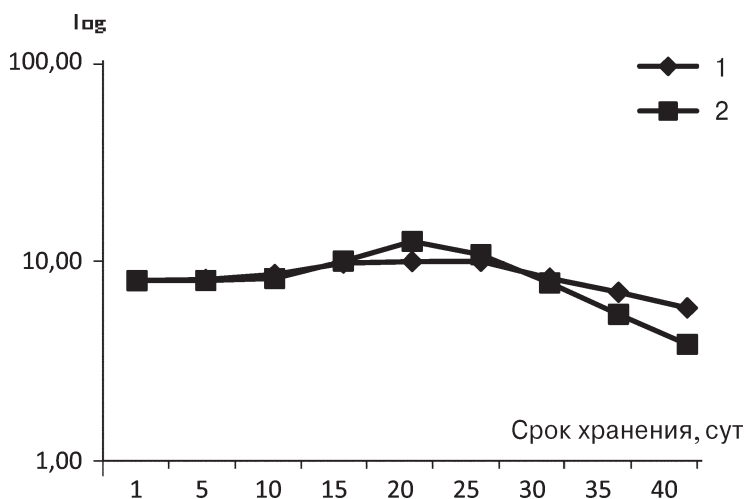


Рис. 5. Динамика изменения титра *L. acidophilicus* в процессе хранения

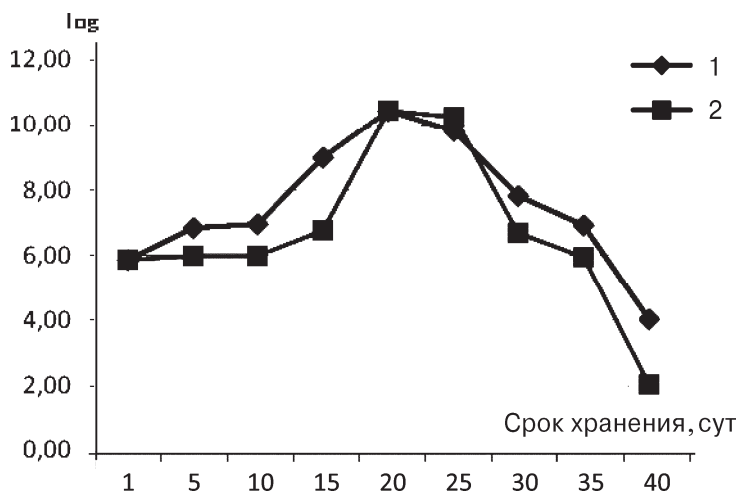


Рис. 6. Динамика изменения титра *S. termophilus* в процессе хранения

В ходе эксперимента удалось установить, что введение полисахаридного компонента стабилизирует напиток в процессе хранения как по микробиологическим, так и по физико-химическим показателям, продлевая срок хранения почти в 2 раза. Экспериментально подтверждены сроки хранения напитка в течение 40 суток при стандартных условиях ($T 4 \pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$ и ОВВ 70 %) с максимальным сохранением физиологической ценности в первые 30 суток.

Что касается объема упаковки, то, опираясь на результаты исследования, оптимальным размером для одной покупки можно назвать 0,5 л, именно столько данного напитка предпочитают покупать 40 % респондентов. Вдвое меньшее количество опрошенных (20 %) выби-

рают упаковку 0,25 л., для достаточно большого числа респондентов (33 %) объем упаковки не имеет особого значения.

Низкая стоимость основного сырья – сыворотки – обосновывает экономическую целесообразность использования предложенной технологии для производства сезонного низкокалорийного напитка, обогащенного витамином С, полисахаридами и молочнокислыми бактериями. Предложенный подход к ферментации сыворотки с использованием полисахаридного носителя позволяет активно конструировать напитки различного назначения.

Данный напиток можно рекомендовать для употребления людям, страдающим сахарным диабетом, ожирением, заболеваниями желудочно-кишечного тракта (частичная лактазная недостаточность), для лиц, чья профессиональная деятельность связана с работой при экстремальных температурах, при высоких температурах окружающей среды, в спортивном питании. Серия напитков, разработанных на основе предложенного процесса ферментации на полисахаридном носителе, составит достойную конкуренцию импортным напиткам в соответствующем сегменте рынка.

Литература

1. Постановление правительства РФ [Электронный ресурс]: № 917 [ред. от 05.10.99]. Режим доступа: <http://www.referent.ru/1/346542> (дата обращения 10.08.98).
2. ТР ТС 021/2011 о безопасности пищевой продукции.
3. ТР ТС 033/2013 о безопасности молока и молочной продукции.
4. МУК 4.2.2578-10 Санитарно-бактериологические исследования методом разделенного импеданса [Sanitary-bacteriological tests divided by impedansatsii].
5. Бельмер С.В., Мухина Ю.Г., Чубарова А.И., Гераськина В.П., Гасилина Т.В. Непереносимость лактозы у детей и взрослых // *Лечащий врач*. 2005. № 1. с.
6. Берестень Н.Ф., Шубина О.Г. Функциональность в безалкогольных напитках – концепция и инновационный проект компании «Дёлер» // *Вестник «Дёлер»*. 2000. № 2. С. 7–10.
7. Ганина В.И., Ананьева Н.В., Захарченко А.В. Иммунизация пробиотических микроорганизмов на бионосителях // *Молочная промышленность*. 2012. № 2. С. 57–58.
8. Демченко С.В., Барашкина Е.В., Малеева О.Л., Стрельникова Е.В., Батохов А.В. Новые технологии производства функциональных напитков на основе молочной сыворотки // *Пищевая технология*. 2008. № 2–3. С. 20–23.
9. Жидков В.Е., Жидков А.В., Жилин С.Г. Тонизирующие напитки из сыворотки // *Молочная промышленность*. 2006. № 6. С. 85–86.
10. Кабисов Р.Г., Рамонова Э.В., Гревцова С.А. Биотехнология кисломолочного продукта функционального питания, обогащенного пи-

- щевыми волокнами // Известия Горского государств. аграрного ун-та. 2012. № 1–2. С. 400–403.
11. Конева, Е.Л., Аминина Н.М., Якуш Е.В. Пробиотические продукты на основе биогеля из морских водорослей / Аминина Н.М., Якуш Е.В. // Известия ТИНРО. Владивосток. 2009. Т. 158. С. 361–365.
 12. Кравченко Э.Ф., Волкова Т.А. Использование молочной сыворотки в России и за рубежом // Молочная промышленность. 2005. № 4. С. 56–58.
 13. Павлова Ж.П., Бобченко В.И. Текутьева Л.А., Золотова В.И. Использование объектов аквакультуры в технологии молочных продуктов // Вестник ТГЭУ. 2013. № 4. С. 111–115.
 14. Рогов И.А., Титов Е.И., Тихомирова Н.А. Перспективные направления переработки вторичных молочных ресурсов // Переработка молока. 2010. № 2. С. 16–17.
 15. Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учеб. пособие. М.: ДеЛи принт, 2004. 587 с.
 16. Храмцов А.Г., Жилина М.А, Нестеренко П.Г, Суюнчев О.А., Батдыев И.М. Напитки нового поколения из молочной сыворотки // Молочная промышленность. 2006. № 6. С. 87.
 17. Granato D., Branco G.F., Nazzaro F., Cruz A.G., Faria J.A. Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010. 9 (3). P. 292–302.
 18. Gawkowski D., Chikindas M.L. Non-dairy probiotic beverages: The nextstep into human health // *Beneficial Microbes*. 2013. 4 (2). p. 127–142.

References

1. *Postanovlenie Pravitel'sva RF* (Government resolution RF) 10.08.1998 № 917. Available at: http://www.referent.ru/1/34654_2 (accessed 05.10.1999).
2. *TR TS 021/2011 o bezopasnosti pishhevoj produkcii* [TR TS 021/2011 about food safety].
3. *TR TS 033/2013 o bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii* [TR TS 033/2013 about the safety of milk and dairy products].
4. MUK 4.2.2578-10 *Sanitarno-bakteriologicheskie issledovanija metodom razdelen'nogo impedansa* [Sanitary-bacteriological tests divided by impedansatsii].
5. Belmer S.V., Muhina Ju. G., Chubarova A.I., Geraskina V.P., Gasilina T.V. Neperenosimost laktozy u detej i vzroslyh [Lactose intolerance in children and adults]. *Lechashhij vrach – Attending physician*, 2005, no.1.
6. Beresten N.F. Funkcionalnost v bezalkogolnyh napitkah – koncepcija i innovacionnyj proekt kompanii «Djoler» [Functionality in soft drinks and the concept of an innovative project of «Dohler»]. *Vestnik Döler*, 2000, № 2, pp. 85–86.
7. Ganina V.I., Ananjeva N.V., Zaharchenko A.V. Immobilizacija probioticheskikh mikroorganizmov na bionositel'jah [Immobilization of probiotic microorganisms on bionositelyah]. *Molochnaja promyshlennost – Dairy industry*, 2012, no. 2, pp. 57–58.

8. Demchenko S.V., Barashkina E.V., Maleeva O.L., Strelnikova E.V., Batogov A.V. Novye tehnologii proizvodstva funktsionalnykh napitkov na osnove molochnoj syvorotki [New technologies of functional beverages based on whey]. *Pishhevaja tehnologija – Food technology*, 2008, no. 2–3, pp. 20–23.
9. Zhidkov V.E., Zhidkov A.V., Zhilin S.G. Tonizirujushhie napitki iz syvorotki [Tonics of whey]. *Molochnaja promyshlennost' – Dairy industry*, 2006, no. 6, pp. 85–86.
10. Kabisov R.G., Ramonova Je.V., Grevcova S.A. Biotehnologija kislomolochnogo produkta funktsional'nogo pitaniya, obogashhennogo pishchevymi voloknami [Biotechnology fermented milk product of functional foods rich in dietary fiber]. *Izvestiya Gorsk. gos. agrarnogo un-ta*, 2012, no. 1–2, pp. 400–403.
11. Koneva E.L., Aminina N.M., Jakush E.V. Probioticheskie produkty na osnove biogelja iz morskikh vodoroslej [Probiotic products based on bio-gel seaweed]. *Izvestiya TINRO – TINRO news*, Vladivostok, 2009, vol. 158, pp. 361–365.
12. Kravchenko Je.F., Volkova T.A. Ispolzovanie molochnoj syvorotki v Rossii i za rubezhom [The use of whey in Russia and abroad]. *Molochnaja promyshlennost' – Dairy industry*, 2005, no. 4, pp. 56–58.
13. Pavlova Zh.P., Bobchenko V.I. Tekuteva L.A., Zolotova V.I. Ispolzovanie objektov akvakultury v tehnologii molochnykh produktov [The use of aquaculture technology in dairy products]. *Vestnik FECMA – Bulletin of the Pacific state economic university*, 2013, no. 4, pp. 111–115.
14. Rogov I.A., Titov E.I., Tihomirova N.A. Perspektivnye napravleniya pererabotki vtorichnykh molochnykh resursov [Perspective directions of processing of secondary dairy resources]. *Pererabotka moloka – Milk processing*, 2010, no. 2, pp. 16–17.
15. Hramcov A.G., Nesterenko P.G. *Tehnologija produktov iz molochnoj syvorotki. Uchebnoe posobie* [Technology whey products: Textbook]. Moscow: DeLi print, 2004. 587 p.
16. Hramcov A.G., Zhilina M.A., Nesterenko P.G., Sujunchev O.A., Batdjev I.M. Napitki novogo pokolenija iz molochnoj syvorotki [Drinks new generation of whey]. *Molochnaja promyshlennost' – Dairy industry*, 2006, no. 6, p. 87.
17. Granato D., Branco G.F., Nazzaro F., Cruz A.G., & Faria J.A. Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010, no. 9 (3), pp. 292–302.
18. Gawkowski D., & Chikindas M.L. Non-dairy probiotic beverages: The nextstep into human health. *Beneficial Microbes*, 2013, 4 (2), pp. 127–142.