

5. Позняковский, В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров / В.М. Позняковский. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 1999. – 447 с.
6. Ушанова, В.М. Основы научных исследований. В 3 ч. Ч.1. Основы работы в химической лаборатории: учеб. пособие / В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, А.Н. Девятловская. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 240 с.
7. Ушанова, В.М. Основы научных исследований. В 3 ч. Ч.2. Контроль качества и экстрагирование растительного сырья: учеб. пособие / В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, А.Н. Девятловская. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 168 с.
8. Ушанова, В.М. Основы научных исследований. В 3 ч. Ч.3. Исследование химического состава растительного сырья: учеб. пособие [Текст] / В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, А.Н. Девятловская. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 360 с.

Reference

1. Kokh, Zh. A., Kokh, D.A. Berberis sibirika pall kak perspektivnoe syr'e dlya proizvodstva likerov (Berberis Sibirika Pall as perspective raw materials for production of liqueurs), *Vestnik KrasGAU*, 2017, No 1, PP. 120 - 124.
2. Petrova, V.P. Biokhimiya dikorastushchikh plodovo- yagodnykh rastenii (Biochemistry of Wild Fruit and Berry Plants), Kiev, Vyssha shkola, 1986, 287 p.
3. Yakovenko, V.V., Lapshin, V. I., Prichko, T.G. Otsenka sortov krasnoi smorodiny po kachestvu yagod (Assessment of Red Currant Varieties in Regard to Berries' Quality), *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 2014, No 100(06).
4. Pozdnyakovskii, N.A. Ekspertiza dikorastushchikh plodov i yagod i travyanistykh rastenii (Examination of Wild Plants' Fruit and Berries and Herbs), 3-e izd., ispr. i dop., Novosibirsk, Sibirskoe Universitetskoe Izdatel'stvo, 2005, 213 p.
5. Poznyakovskii, V.M. Gigienicheskie osnovy pitaniya, bezopasnost' i ekspertiza prodovol'stvennykh tovarov (Hygienic Bases of Nourishment, Safety and Examination of Foodstuffs), Novosibirsk, Izd-vo Novosibirskogo universiteta, 1999, 447 p.
6. Ushanova, V.M., Lebedeva, O.I., Devyatlovskaya, A. N. Osnovy nauchnykh issledovaniy. v 3 ch. ch.1. Osnovy Raboty v khimicheskoi laboratorii: ucheb. posobie (Bases of Research., 3 parts, part 1. The Basics of Working in the Chemical Laboratory: Textbook), Krasnoyarsk, SibGTU, 2004, 240 p.
7. Ushanova, V.M., Lebedeva, O.I., Devyatlovskaya, A. N. Osnovy nauchnykh issledovaniy. v 3 ch. ch.2. Kontrol' kachestva i ekstragirovanie rastitel'nogo syr'ya: ucheb. posobie (Bases of Research., 3 parts, part 2. Quality Control and Extraction of Plant Materials: Textbook), Krasnoyarsk, SibGTU, 2004, 168 p.
8. Ushanova, V.M., Lebedeva, O.I., Devyatlovskaya, A. N. Osnovy nauchnykh issledovaniy. v 3 ch. ch.3. Issledovanie khimicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ya: ucheb. posobie (Bases of Research., 3 parts, part 3. The study of the Chemical Composition of Plant Materials: TextBook), Krasnoyarsk, SibGTU, 2004, 360 p.

УДК 637.146: 663.052:546.722

ГРНТИ 65.63.33

Хамагаева И.С., д-р техн. наук, профессор;

Щёктова А.В., канд.техн.наук;

Хамаганова И.В., д-р техн. наук

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,

г Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

E-mail: tmpp@eestu.ru

КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ, ОБОГАЩЕННЫЙ ЖЕЛЕЗОМ

Авторами статьи разработана технология кисломолочного продукта, обогащенного железом. Изучена возможность использования сухого железосодержащего концентрата сывороточных белков (КСБ-Fe) при производстве бифидосодержащего кисломолочного продукта «Бифивит». Установлено, что концентрат сывороточных бел-

ков, обогащенный железом, стимулирует кислотообразующую способность и рост бифидобактерий. Выявлено, что оптимальной дозой сухого железосодержащего концентрата сывороточных белков является 2%. Дальнейшее повышение дозы сухой белковой добавки до 3% не приводит к значительному повышению кислотности. Доказано, что для культивирования бифидобактерий в железосодержащем кисломолочном продукте достаточно 6 ч. Дальнейшее увеличение времени ферментации незначительно влияет на кислотообразующую активность бифидобактерий. Отмечено, что введение железосодержащего концентрата сывороточных белков повышает влагоудерживающую способность белков и улучшает структурно-механические свойства. Обнаружено, что внесение 2% КСБ-Fe сокращает продолжительность ферментации молока на 3 часа. В ходе экспериментов был отмечен более интенсивный рост бифидобактерий в молоке с внесением железосодержащего концентрата сывороточных белков. Это свидетельствует о том, что молоко с сухой белковой добавки, обогащенной железом, является более благоприятной средой для развития бифидобактерий. Установлено, что внесение железосодержащего концентрата сывороточных белков интенсифицирует процесс накопления молочной кислоты и летучих жирных кислот в сравнении с контролем. На основании проведенных исследований авторами разработана технология кисломолочного продукта, обогащенного железом. Установлено, что полученный кисломолочный продукт «Бифивит» обладает хорошими органолептическими свойствами, содержит железо в легкоусвояемой форме и высокое количество жизнеспособных клеток бифидобактерий. Производство бифидосодержащего кисломолочного продукта, обогащенного железом, не требует каких-либо дополнительных затрат, и он может вырабатываться в промышленных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ, ЖЕЛЕЗО, БИФИДОБАКТЕРИИ, КОНЦЕНТРАТ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

UDC 637.146: 663.052:546.722

Khamagaeva I.S., Dr Tech. Sci., Professor;

Shchekotova A.V., Cand.Tech.Sci.;

Khamaganova A.V., Dr Tech. Sci.

East Siberian State University of Technologies and Management

Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

E-mail: tmpp@eestu.ru

FERMENTED DAIRY PRODUCT ENRICHED WITH IRON

The authors developed technology of fermented milk product enriched with iron; studied the possibility of using a dry iron-containing serum protein concentrate (SPC-Fe) for production of bifido-containing fermented milk product "Bifivit". It has been found out that serum protein concentrate enriched with iron stimulates acid-producing ability and the growth of bifidobacteria. Optimal dose of dry iron-containing serum protein concentrate is 2%. Further increase of doses of a dry protein additive up to 3% does not lead to a significant increase of acidity. It has been proved that 6 hours is enough for the cultivation of bifidobacteria in iron-containing dairy products. Further increase in fermentation time has a little affect on the acid-forming activity of bifidobacteria. It has been registered that the introduction of iron-containing serum protein concentrate increases the moisture retention ability of proteins and improves the structural-mechanical properties. It has been found out that the introduction of 2% of SPC-Fe shortens the duration of milk fermentation by 3 hours. During the experiments we have noticed more intense growth of bifidobacteria in milk with iron-containing serum protein concentrate. This proves that milk with dry protein additive enriched with iron is more favorable environment for the development of bifidobacteria. It has been found out that use of iron-containing serum

protein concentrate intensifies the accumulation of lactic acid and volatile fatty acids in comparison with the control group. On the basis of the research the authors have developed the technology of fermented milk product enriched with iron. It has been found out that the obtained fermented milk product "Bifivit" has good organoleptic properties, contains iron of easily digestible form and has a high number of viable cells of bifidobacteria. Production of bifidobacterium-containing fermented milk product enriched with iron requires no additional costs and it can be produced industrially.

KEY WORDS: FERMENTED DAIRY PRODUCT, IRON, BIFIDOBACTERIUM, IRON-CONTAINING SERUM PROTEIN CONCENTRATE

Введение

Среди факторов питания, имеющих особенно важное значение для поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия населения России, важнейшая роль принадлежит полноценному и регулярному снабжению организма человека всеми необходимыми микронутриентами: макро-, микроэлементами и витаминами. Одним из важнейших микронутриентов является железо, различные формы недостаточности которого (предлатентный дефицит железа, латентный дефицит железа, железodefицитная анемия), по обобщенным данным, среди отдельных групп населения выявляется в 2 - 60% случаев [1].

В этих условиях целесообразным и эффективным путем улучшения обеспеченности населения России алиментарным железом, путем, по которому идет большинство стран мира, является дополнительное обогащение им основных групп продуктов питания, в том числе и молочных [2]. В Восточно-Сибирском Государственном Университете Технологий и Управления в течение нескольких лет проводятся исследования по разработке таких продуктов. Нами выполнен цикл исследований по обогащению органическим железом концентрата сывороточных белков (КСБ) и бактериального концентрата на основе пропионовокислых бактерий [3,4].

Потребность в расширении ассортимента функциональных молочных продуктов, богатых железом, на сегодняшний день актуальна. Для коррекции железodefицитных состояний представляет интерес изучение процессов обогащения железом кисломолочных продуктов.

В данной работе приведены исследования по изучению возможности использования железосодержащего концентрата сывороточных белков (КСБ-Fe) при производстве бифидосодержащих кисломолочных продуктов.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования проводили на кафедре «Технология молочных продуктов. Товароведение и экспертиза товаров» ВСГУТУ.

В качестве источника железа использовали железосодержащий КСБ, полученный методом химической модификации сывороточных белков и последующем ферментированием белковой массы бифидобактериями. Коагулянт в творожную сыворотку вносили в виде 10%-го раствора FeSO_4 в количестве 1,0 г/л при температуре 95 °С. Ферментацию белкового сгустка проводили при следующих режимах: доза закваски бифидобактерий -5%, температура - $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$, продолжительность - 4 ч до достижения кислотности $(90 \pm 3)^\circ\text{T}$. После самопрессования КСБ подвергался сублимационной сушке при $(40-45)^\circ\text{C}$ в течение 20-24 ч до получения продукта с массовой долей влаги не более 5%. Содержание железа в сухом КСБ-Fe составляет 420 мг/кг.

Кисломолочный продукт получали согласно нормативно-технической документации на бифидопродукт "Бифивит" (ТУ 9222-005-02069473-2003). Железосодержащий КСБ вносили в продукт на стадии заквашивания в дозировке 1%, 2% и 3%. Перед внесением КСБ-Fe предварительно растворяли в небольшом количестве пастеризованного, охлажденного до $60-65^\circ\text{C}$ молока.

Физико-химические показатели определяли по стандартным методикам: титруемую кислотность по ГОСТ 3624-92; активную кислотность — потенциометрическим методом на приборе рН-222.2 по ГОСТ 26781; молочную кислоту определяли по методу Пиккеринга и Клегга в модификации Л. Шмелевой, Н. Новотельнова, А. Деревянко; определение количества летучих жирных кислот (ЛЖК) проводили по дистилляционному числу; массовую долю железа определяли по ГОСТ 26928-86.

Микробиологические показатели определяли в соответствии с нормативной базой: количество клеток бифидобактерий

определяли методом предельных разведений на плотной агаризованной среде ГМК по ТУ 10-10-02-789-192-95; определение дрожжей и плесневых грибов по ГОСТ 10444.12-88.

Обработка результатов экспериментов проводилась с помощью известных методов математической статистики с использованием MS Excel.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований изучали влияние КСБ-Fe на кислотообразующую способность и рост бифидобактерий в продукте. Контролем служили образцы, приготовленные без внесения железосодержащих добавок (табл.1).

Таблица 1

Влияние железосодержащего КСБ на кислотообразующую способность и рост бифидобактерий при сквашивании молока

Доза КСБ – Fe,%	Кислотность, °Т				Количество клеток бифидобактерий, КОЕ/1см ³
	Время, ч				
	2	4	6	8	
Контроль	33	42	47	53	7·10 ⁹
1	40	46	59	61	5·10 ¹⁰
2	45	50	61	63	8·10 ¹⁰
3	48	52	61	61	7·10 ¹⁰

Результаты исследований, представленные в таблице 1, показывают, что КСБ-Fe стимулирует кислотообразующую способность и рост бифидобактерий. Выявлено, что оптимальной дозой концентрата сывороточных белков (КСБ-Fe) является 2%. Дальнейшее повышение дозы КСБ-Fe до 3% не приводит к значительному повышению кислотности.

Отмечено, что через 6 ч культивирования в опытных образцах титруемая кислотность стабилизируется и дальнейшее культивирование приводит к незначитель-

ному повышению кислотности. Заслуживает внимания тот факт, что при внесении 3% КСБ-Fe титруемая кислотность остается на том же уровне - 61°Т. Это, вероятно, связано с тем, что ионы железа связывают молочную кислоту. При количественном учете бифидобактерий было обнаружено, что в опытных образцах с КСБ-Fe жизнеспособных клеток бифидобактерий на один порядок выше, чем в контрольном.

В дальнейших исследованиях изучали структурно-механические свойства полученных сгустков (табл. 2).

Таблица 2

Влияние КСБ-Fe на структурно-механические свойства сгустков

Доза КСБ – Fe,%	Степень синерезиса, мл	Вязкость, 10 ⁻³ ·Па·с
Контроль	8,0	9,5
1	5,0	11,3
2	4,0	12,8
3	3,0	13,1

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует, что введение КСБ-Fe повышает влагоудерживающую способность

белков и улучшает структурно-механические свойства.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что наиболее оптимальной дозой вносимого КСБ-Fe является 2%. При этом наблюдается значительное повышение титруемой кислотности и улучшение консистенции сгустка.

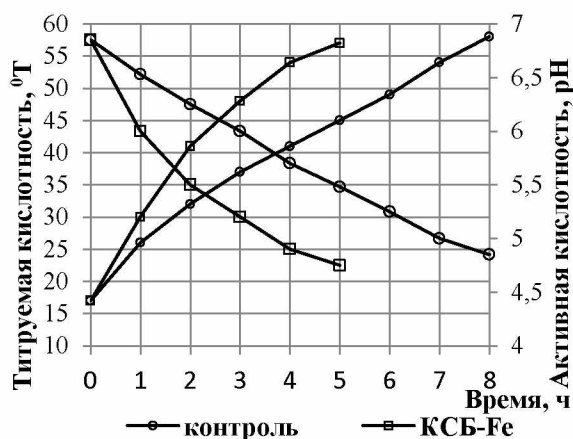


Рис. 1. Влияние железосодержащей добавки на процесс сквашивания молока бифидобактериями

Полученные экспериментальные данные (рис. 1) показывают, что внесение 2% КСБ-Fe сокращает продолжительность ферментации молока на 3 часа. Титруемая кислотность сгустка опытного образца через 5 часов культивирования достигает 57°Т. Активная кислотность (рН) изменилась в соответствии с титруемой и в конце сквашивания в опытных образцах составила 4,75- 4,85.

В ходе экспериментов был отмечен более интенсивный рост бифидобактерий в молоке с внесением КСБ-Fe (рис. 2). Количество жизнеспособных клеток бифидобактерий в опытном образце через 5 ч культивирования составляет 10^{10} КОЕ/см³, тогда как в контрольном через 8 ч достигает 10^9 КОЕ/см³. Это свидетельствует о

Для обоснования технологических режимов производства кисломолочного продукта изучали влияние выбранной дозы железосодержащей добавки на биохимические и микробиологические процессы при сквашивании молока (рис. 1 и 2).

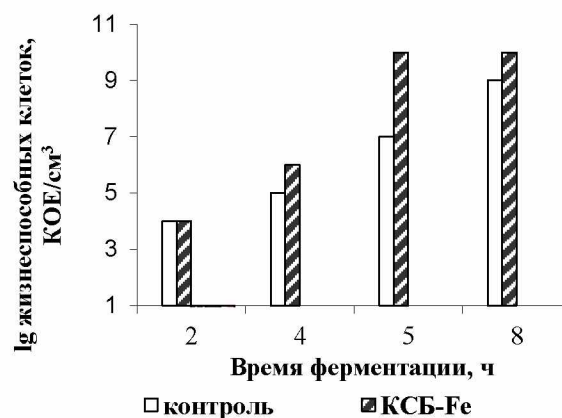


Рис. 2. Влияние железо-содержащей добавки на рост бифидобактерий

том, что молоко с КСБ-Fe является более благоприятной средой для развития бифидобактерий.

Далее изучали влияние КСБ-Fe на динамику накопления молочной кислоты и летучих жирных кислот (табл. 3). Результаты исследований, представленные в таблице 3, показывают, что внесение КСБ-Fe интенсифицирует процесс молочнокислого брожения в сравнении с контролем. Содержание молочной кислоты в опытном образце составило 680 мг/100г через 5 ч культивирования, тогда как в контрольном примерно такое значение отмечено через 8 часов культивирования. Также было отмечено более интенсивное накопление летучих жирных кислот.

Таблица 3

Влияние КСБ-Fe на динамику продуктов брожения

Время ферментации, ч	Показатели			
	Молочная кислота, мг/100г		Летучие жирные кислоты, мг/100г	
	контроль	КСБ-Fe	контроль	КСБ-Fe
1	2	3	4	5
1	210	325	0,9	1,0
2	340	497	1,5	2,4

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5
3	415	585	2,5	4,2
4	490	650	3,8	8,5
5	515	680	5,5	12,5
6	550	-	7,2	-
7	580	-	8,8	-
8	600	-	10,5	-

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что внесение КСБ-Fe повышает биохимическую активность бифидобактерий.

На основании исследований влияния КСБ-Fe на биохимические и микробиологические процессы, протекающие в про-

цессе сквашивания молока, была усовершенствована технология изготовления кисломолочного продукта «Бифивит» (рис.3).

Качественная характеристика кисломолочного продукта, обогащенного железом представлена в таблице 4.



Рис. 3. Технологическая схема производства кисломолочного продукта, обогащенного железом

Таблица 4

Качественная характеристика кисломолочного продукта, обогащенного железом

Показатели	Характеристика
1	2
Внешний вид и консистенция	Нежная, однородная, вязкая
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, без посторонних запахов и привкусов
Цвет	Молочно-белый, с кремовым оттенком

Продолжение табл. 4

1	2	
Массовая доля жира, %	3,2	
Массовая доля белка, % не менее	2,8	
Массовая доля СОМО, % не менее	7,8	
Кислотность, °Т не более	70	
Массовая доля железа, мг/кг	18,3	
Кол-во клеток бифидобактерий, КОЕ/1 см ³	10 ⁹ - 10 ¹⁰	
Объем (см ³), в котором не допускаются	БГКП (колиформы)	0,1
	патогенные (в т.ч. сальмонеллы)	25
	стафилококки <i>S.aureus</i>	1
	листерии <i>L.monocytogenes</i>	-
Дрожжи, плесени, КОЕ/см ³ (г), не более	Д-50, П-50	

Данные, представленные в таблице 4, показывают, что кисломолочный продукт обладает хорошими органолептическими свойствами, содержит железо в легкоусвояемой форме и высокое количество клеток бифидобактерий.

Вывод

На основании проведенных исследований разработана технология производства кисломолочного продукта, обогащенного железом. К особенностям технологии относится использование в качестве железосодержащей добавки сухого концентрата

сывороточных белков (КСБ-Fe). Установлено, что использование КСБ-Fe при производстве бифидосодержащего кисломолочного продукта не только обогащает его легкоусвояемым железом, но интенсифицирует процесс ферментации и улучшает структурно-механические свойства.

Производство бифидосодержащего кисломолочного продукта, обогащенного железом, не требует каких-либо дополнительных затрат, и он может вырабатываться в промышленных условиях.

Список литературы

1. *Онищенко, Г.Г.* Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 16 сентября 2003 г. N 148 «О дополнительных мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом железа в структуре питания населения» / Г.Г. Онищенко // Российская газета. - 2003. - № 190. - С. 3304.
2. *Струтынский, А.В.* Диагностика и лечение железодефицитных анемий / А.В. Струтынский // Русский медицинский журнал. - 2014. - №11. - С. - 839-844.
3. *Хамагаева, И.С.* Исследование механизма связывания железа казеиновыми фосфопротеидами / И.С. Хамагаева, А.В. Щёктова, С.Н. Хазагаева, А.С. Столярова // Вопросы питания. – 2016. – том 85. - № 3. – С. 104-110.
4. *Хамагаева, И.С.* Влияние сульфата железа на пропионовокислые бактерии / И.С. Хамагаева, А.В. Кривоносова // Молочная промышленность. – 2009. - № 6. – С.71-72.

References

1. Onishenko, G.G. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii ot 16 sentyabrya 2003 g. N 148 «O dopolnitel'nykh merakh po profilaktike zabolevaniy, obuslovlennykh defitsitom zheleza v strukture pitaniya naseleniya» (Russian Federation Chief Sanitary Inspector Decree as of September 16, 2003, № 148 «On Additional Measures for Prevention Diseases Caused by the Iron Deficit in People's Feed Structure», *Rossiiskaya gazeta*, 2003, No 190, PP. 3304.
2. Strutynskii, A.V. Diagnostika i lechenie zhelezodefitsitnykh anemii (Diagnostics and Treatment of Asiderotic Anemia), *Russkii meditsinskii zhurnal*, 2014, No 11, PP. - 839-844.
3. Khamagaeva, I.S., Shchekotova, I.S., Khazagaeva, S.N., Stolyarova, A.S. Issledovanie mekhanizma svyazyvaniya zheleza kazeinovymi fosfopeptidami (Research Carried out into Mechanism of Binding Iron with Casein Phosphoprotein), *Voprosy pitaniya*, 2016, tom 85, No 3, PP. 104-110.
4. Khamagaeva, I.S., Krivonosova, A.V. Vliyanie sulfata zheleza na propionovokislye bakterii (Feric Sulfate Effect on Propionic Bacterium), *Molochnaya promyshlennost'*, 2009, No 6, PP.71-72.