

УДК 637.143.04/07

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СУХИХ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ

**О. А. Макаева**, студент бакалавриата

**К. О. Нагнибеда**, студент бакалавриата

**Н. Л. Наумова**, доктор технических наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет (НИУ)

E-mail: n.naumova@inbox.ru;

**Ключевые слова:** сухое молоко, сухая молочная сыворотка, пищевая ценность, безопасность.

Реферат. Сухие молочные продукты в нашей стране используются чрезвычайно широко и занимают значительное место в питании населения. Однако не всегда продукция сельскохозяйственного производства благополучна по содержанию экотоксикантов. В этой связи целью наших исследований явилось изучение пищевой ценности и безопасности сухих молочных продуктов (обезжиренного молока, подсырной и творожной сыворотки), производимых на ОАО «Чебаркульский молочный завод» (Челябинская область). Установлено, что творожная сыворотка отличается богатым минеральным составом (кальций, калий, хлор, магний, натрий). Количество белка в изучаемых сухих молочных консервах соответствует регламентированным нормам ГОСТ 33629–2015 и ГОСТ Р 53492–2009. Во всех образцах продуктов присутствуют сферические белковые мицеллы: размером от 10 до 70 мкм – в обезжиренном молоке и подсырной сыворотке, размером от 10 до 120 мкм – в творожной сыворотке. Особенности фракционного состава белков и технологические особенности производства сухой молочной продукции определяют процент разрушения белковых молекул. По количественному содержанию в анализируемых пробах молочных консервов свинца, мышьяка, кадмия и ртути продукция соответствует регламентированным требованиям ТР ТС 021/2011.

## INVESTIGATION OF FOOD VALUES AND SAFETY OF DRIED DAIRY CANNED FOOD

**O. A. Makayeva**, undergraduate student

**C. O. Nagnibeda**, undergraduate student

**N. L. Naumova**, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor

South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russia

**Key words:** dry milk, whey powder, nutritional value, safety.

Abstract. The use of dry milk products in the Russian Federation is extremely wide and takes a significant place in the nutrition of the population. However, not always the products of agricultural production are safe with respect to the content of ecotoxicants. In this regard, the purpose of our research was to study the nutritional value and safety of dry dairy products (skimmed milk, cheese and curd whey) produced at the Chebarkul Milk Plant (Chelyabinsk Region). It has been established that curd whey has a rich mineral composition, namely calcium, potassium, chlorine, magnesium, sodium. The amount of protein in the dried canned milk studied corresponds to the regulated standards of State Standards 33629–2015 and 53492–2009. In all samples of products there are spherical protein micelles: in the size from 10 to 70 microns – in skim milk and whey whey, the size from 10 to 120 microns – in curd whey. Features of the fractional composition of proteins and technological features of the production of dry dairy products determine the percentage of destruction of protein molecules. The quantitative content of lead, arsenic, cadmium and mercury canned food in the analyzed samples allows to establish the conformity of products to the regulated requirements of the Technical Regulations of the Customs Union 021/2011.

Сухие молочные продукты в нашей стране используются чрезвычайно широко и занимают значительное место в питании населения [1], поскольку Россия обладает огромными территориями, на многих из которых в силу географических и климатических условий развитие молочного животноводства затруднено или экономически нецелесообразно.

Сухие продукты имеют также стратегическое значение, обусловленное высокой питательной ценностью и длительными сроками годности. Создавая пищевые запасы, государство обеспечивает продовольственную независимость, являющуюся одной из составляющих экономической безопасности страны.

Сухое молоко содержит не менее 95% основных компонентов, необходимых для питания человека. Сухая молочная сыворотка используется в различных отраслях пищевой промышленности: в молочной – при производстве сметанных, творожных продуктов, плавленых сыров, спредов; в мясной – при производстве вареных колбас, сосисок, сарделек в качестве заменителя сухого молока; в кондитерской промышленности – при выпуске мучных изделий, шоколадных паст, начинок конфет, глазурей и т. д. [1].

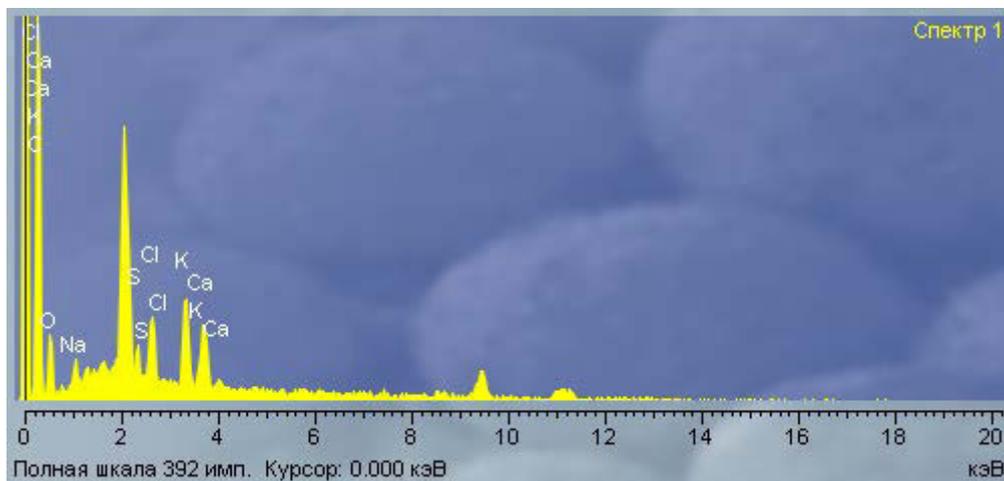
Однако не всегда продукция сельскохозяйственного производства благополучна по содержанию экотоксикантов. Так, в мясе и внутренних органах убойных животных ряда хозяйств Чебаркульского района Челябинской области было зафиксировано содержание никеля в среднем на 100% выше ПДК, свинца – в 2–6 раз, кобальта – в 5 раз [2]. В этой связи целью наших исследований явилось изучение пищевой ценности и безопасности сухих молочных продуктов, производимых на ОАО «Чебаркульский молочный завод».

В качестве объектов исследований использовали продукты распылительной сушки: обезжиренное молоко, производимое по ГОСТ 33629–2015, и молочную сыворотку (подсырную и творожную), вырабатываемую по ТУ 9223–123–04610209–2009.

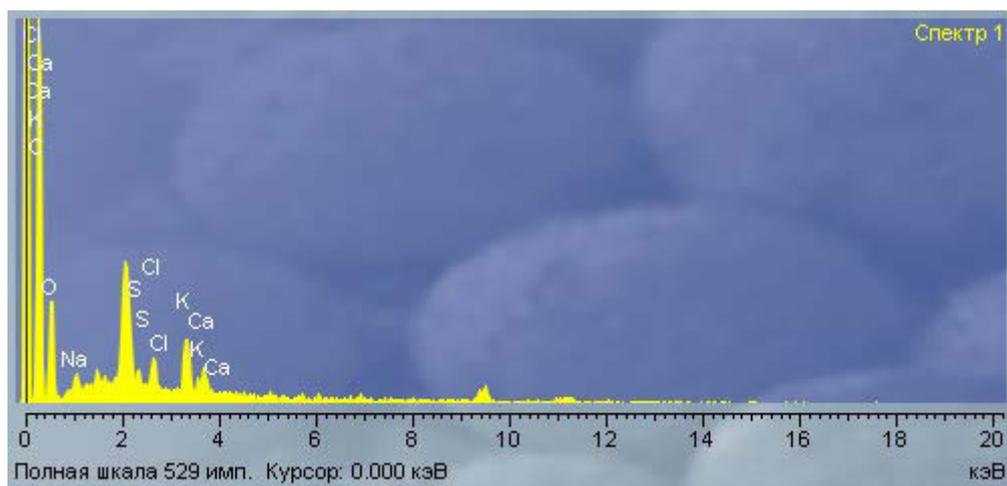
Элементный состав и микроструктуру молочной продукции определяли на растровом электронном микроскопе JSM-6460LV (фирмы JEOL, Япония), оснащенный спектрометром энергетической дисперсии для проведения микрорентгеноспектрального анализа фирмы OXFORD INSTRUMENTS (Англия); массовую долю белка – согласно ГОСТ 23327–78; содержание свинца и кадмия – по ГОСТ 30178–96.

Пищевая ценность продуктов питания – это комплексный показатель, включающий, в том числе, минеральную ценность продукции. Известно, что ликвидация дефицита минеральных веществ в пищевом рационе человека снижает длительность заболеваний в 2–3 раза, общую заболеваемость – на 20–30%.

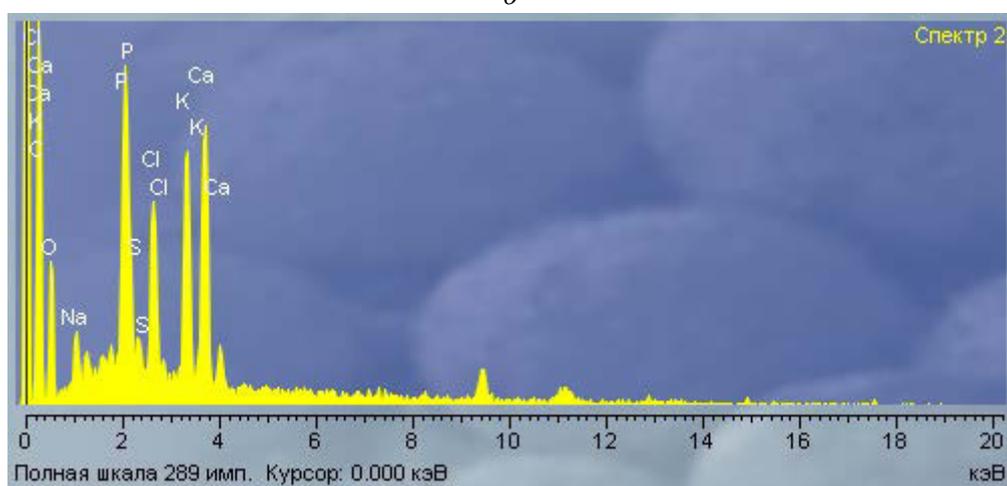
На первом этапе исследований представляло интерес изучить элементный состав сухих молочных продуктов в сравнительном аспекте. Результаты исследований представлены на рис. 1.



а



б



в

Рис. 1. Элементный состав сухих молочных продуктов:  
а – обезжиренное молоко; б – сыворотка подсырная; в – сыворотка творожная

Представленные спектрограммы сухих молочных продуктов имеют существенные отличия по количеству отдельных химических элементов, что отражено в табл. 1.

Таблица 1

Элементный состав молочной продукции, %

| Показатель | Обезжиренное молоко | Сыворотка подсырная | Сыворотка творожная |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Углерод    | 54,23               | 47,49               | 40,20               |
| Кислород   | 38,92               | 49,27               | 47,41               |
| Калий      | 1,93                | 1,35                | 3,51                |
| Хлор       | 1,48                | 0,59                | 2,34                |
| Натрий     | 0,58                | 0,49                | 1,04                |
| Кальций    | 1,53                | 0,40                | 3,76                |
| Магний     | 0,19                | Не обнаружено       | 1,05                |
| Сера       | 0,34                | 0,23                | 0,28                |
| Фосфор     | 0,80                | 0,18                | 0,41                |

Судя по относительно высокому содержанию углерода (54,23% масс), сухое молоко содержит больше органических соединений, чем изучаемые виды сыворотки. Разброс уровней содержания кислорода в исследуемых образцах сухих молочных консервов обусловлен их степенью измельче-

ния: сыворотка обоих видов представляет собой мелкодисперсный порошок, молоко состоит из агрегированных частиц.

Все фракции казеина молока содержат фосфор. Нерастворимый фосфат кальция является важным строительным элементом мицелл казеина. Большинство технологий выработки сыров и творога связаны с процессами свертывания белков молока, в том числе казеина, с их последующим удалением в составе сгустка [3, 4]. Этим, предположительно, объясняется снижение содержания фосфора в составе обоих видов сыворотки.

Установлено, что творожная сыворотка отличается повышенной минерализацией. Общеизвестно, что в зависимости от способа производства степень деминерализации сыворотки составляет от 25 до 90%. При обессоливании наиболее полно удаляются одновалентные ионы ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ), обуславливающие вкусовые свойства сыворотки [5]. В этой связи сладковатый вкус подсырной сыворотки обусловлен низким содержанием калия (1,35% масс.), натрия (0,49), хлора (0,59) на фоне кисловатого вкуса творожной сыворотки и высокого содержания в ней указанных микронутриентов: 3,51; 1,04; 2,34% масс. соответственно.

С повышением уровня обессоливания удаляются анионы фосфорной и лимонной кислот, что, в свою очередь, приводит к диссоциации комплексов и удалению двухвалентных катионов кальция и магния [5], что также нашло подтверждение в результатах наших исследований. Действительно, в подсырной сыворотке выявлено низкое содержание кальция (0,40% масс.) и отсутствие магния.

Содержание серы больше в сухом молоке: на 47,8%, чем в подсырной сыворотке, и на 21,4%, чем в творожной сыворотке, что, скорее всего, обусловлено повышенным содержанием в нем белка, поскольку известно, что сера входит в состав белков за счет присутствия в отдельных аминокислотах: цистеине, цистине, метионине.

На втором этапе исследований изучали количество и морфологию белковых структур.

Казеин, лактальбумин и лактоглобулин являются специфическими компонентами молока [6]. Казеин содержится в молоке в виде казеинаткальцийфосфатного комплекса, который образует мицеллы почти сферической формы с диаметром 40–300 нм, являющиеся высокоорганизованными структурными единицами [7]. Размеры частиц сухого молока зависят от их структуры и места накопления – частицы циклонной фракции имеют размеры в среднем 20 мкм, камерной – 50, агрегированные – от 100 до 250 мкм и более [7].

Известно, что в сыворотке содержится около 50% сухих веществ цельного молока, при этом в ее состав переходит порядка 30% молочных белков [3, 8]. Сывороточные белки, остающиеся в сыворотке после коагуляции казеина, включают:  $\alpha$ -лактальбумин,  $\beta$ -лактоферрин, остеопонтин, лактопероксидазу и протеозопептонную фракцию. Эти белки обладают высокой в сравнении с другими диетическими белками биологической ценностью по содержанию незаменимых аминокислот [9]. Поэтому проблема изучения количественных характеристик и микроструктуры белков, позволяющая установить степень фальсификации молочной продукции, представляет практический интерес.

Согласно требованиям действующих стандартов, норма по такому показателю, как массовая доля белка, для сухого молока составляет не менее 34% (ГОСТ 33629–2015 Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия), для сухой подсырной сыворотки – не менее 12%, для сухой творожной сыворотки – не менее 11% (ГОСТ Р 53492–2009 Консервы молочные. Сыворотка молочная сухая. Технические условия).

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что массовая доля белка в обезжиренном сухом молоке находится на уровне 34%, в сыворотке творожной и подсырной – на уровне 11 и 12% соответственно.

Анализ морфологии частиц сухих молочных продуктов показывает (рис. 2), что во всех образцах присутствуют сферические белковые структуры: размером от 10 до 70 мкм – в обезжиренном молоке и подсырной сыворотке, размером от 10 до 120 мкм – в творожной сыворотке. Размеры, строение, расположение, количество мицелл в образцах изучаемой молочной продукции исключают возможность ее фальсификации.

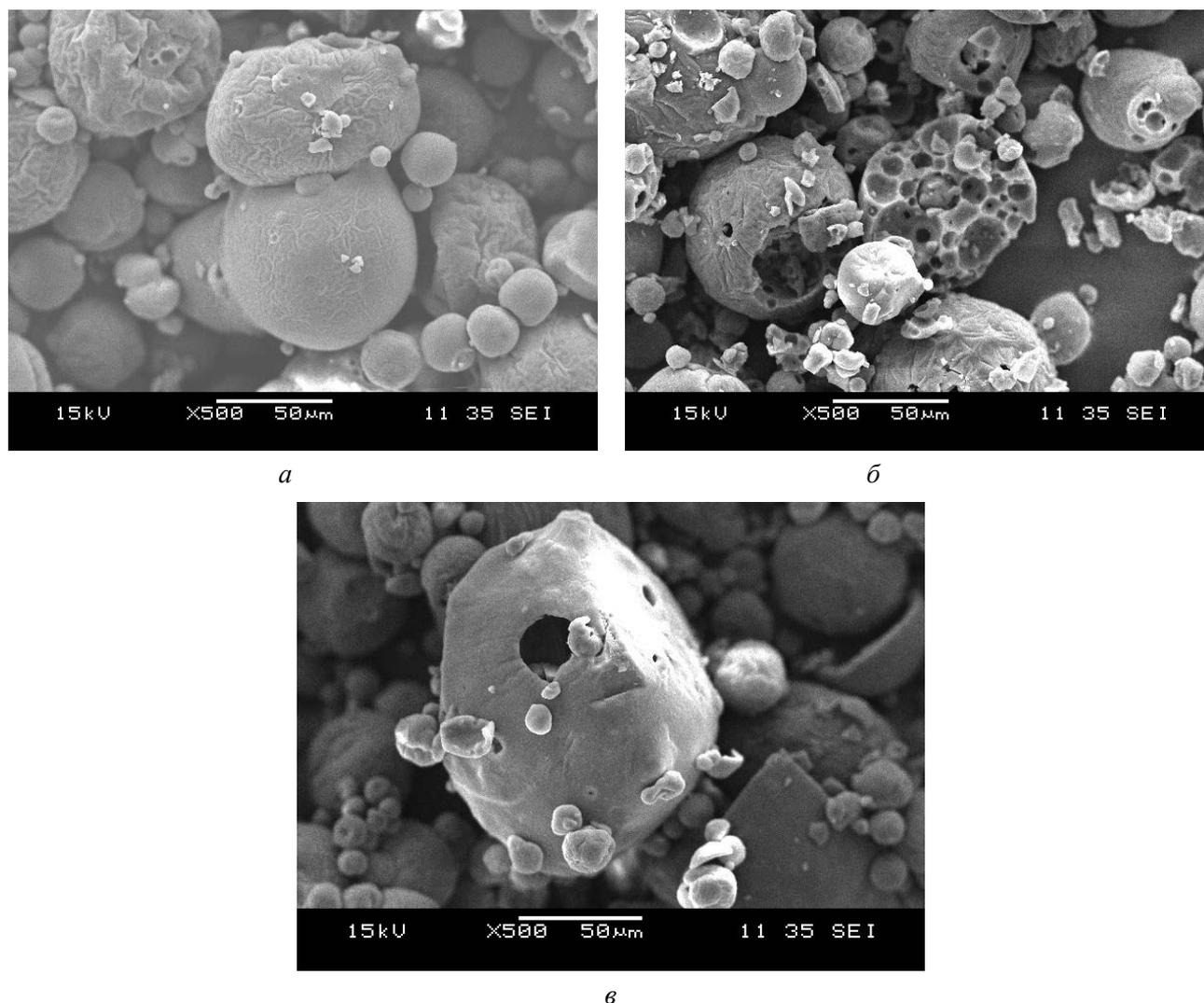


Рис. 2. Микроструктура сухих молочных продуктов (увеличение в 500 раз):  
а – обезжиренное молоко; б – сыворотка подсырная; в – сыворотка творожная

Во всех образцах исследуемых молочных консервов установлено присутствие разрушенных мицелл, однако в подсырной сыворотке процент их разрушения самый высокий, что, предположительно, обусловлено особенностями фракционного состава белков и технологическими особенностями производства продукции. Известно, что в процессе сушки испаряется вода, в том числе входящая в состав структурных компонентов сырья, а именно белков. Белки с высоким содержанием водородных связей и легко расщепляемых ковалентных связей особенно подвержены изменениям при нагревании. Несколькими последовательными разрывами связей, отличающихся величиной энергии связи, обусловлено образование газообразных веществ (диоксида углерода, акролеина, оксида углерода, метана, этилена, пропана, пропилена, этана), выделяющихся при сушке молочных продуктов [10].

На третьем этапе исследований определяли содержание тяжелых металлов в молочных продуктах (табл. 2).

Таблица 2

Показатели безопасности сухих молочных продуктов по содержанию тяжелых металлов, мг/кг

| Показатель | Норма по ТР ТС 021/2011, не более | Обезжиренное молоко | Сыворотка подсырная | Сыворотка творожная |
|------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Свинец     | 0,1                               | 0,0060±0,0020       | 0,0040±0,0020       | 0,0040±0,0020       |
| Мышьяк     | 0,05                              | 0,0089±0,0007       | 0,0073±0,0005       | 0,0072±0,0005       |
| Кадмий     | 0,03                              | 0,0015±0,0003       | 0,0012±0,0003       | 0,0011±0,0003       |
| Ртуть      | 0,005                             | 0,0025±0,0005       | 0,0020±0,0005       | 0,0020±0,0005       |

Результаты исследований содержания таких экотоксикантов, как свинец, мышьяк, кадмий и ртуть, позволяют установить соответствие продукции регламентированным требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и признать анализируемые пробы молочных продуктов безопасными для здоровья человека.

Таким образом, по результатам исследований установлено, что творожная сыворотка отличается богатым минеральным составом, а именно содержанием кальция, калия, хлора, магния, натрия. Количество белка в изучаемых сухих молочных консервах соответствует регламентированным нормам ГОСТ 33629–2015 и ГОСТ Р 53492–2009. Во всех образцах продуктов присутствуют сферические белковые мицеллы: размером от 10 до 70 мкм – в обезжиренном молоке и подсырной сыворотке, размером от 10 до 120 мкм – в творожной сыворотке. Особенности фракционного состава белков и технологические особенности производства сухой молочной продукции определяют процент разрушения белковых молекул. Количественное содержание в анализируемых пробах молочных консервов свинца, мышьяка, кадмия и ртути позволяет установить соответствие продукции регламентированным требованиям ТР ТС 021/2011.

Исследования выполнены при поддержке Правительства РФ (постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петрова Л. В., Петрова С. В. Влияние температуры на сухое цельное молоко в процессе сушки // Изв. вузов. Пищ. технология. – 2006. – № 4. – С. 78–80.
2. Рабинович М. И., Черетских И. В., Котов Н. А. Влияние тяжелых металлов на качество продуктов животноводства в техногенных провинциях Южного Урала // Опыт и проблемы обеспечения продовольственной безопасности государства. Секц. 5. Экологические аспекты продовольственной безопасности, контроль за качеством пищевых продуктов: материалы межрегион. науч.-практ. конф. (28–30.05 1998 г.). – УГСХА, 1998. – С. 231–234.
3. Решетник Е. И., Максимюк В. А., Уточкина Е. А. Технологии ферментированных молочных продуктов на основе биотехнологических систем. – Благовещенск, 2013. – 112 с.
4. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Кисломолочный продукт с пролонгированным сроком хранения // Вестн. ВСГУТУ. – 2013. – № 6 (45). – С. 112–116.
5. Храмов А. Г. Феномен молочной сыворотки. – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.
6. Тутельян В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. – М: ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.
7. Владыкина Т. Ф. Модель структуры мицеллы казеина. – Каунас, 1988. – 13 с.
8. Юрова Е. А., Кобзева Т. В. Требования законодательства к побочным продуктам переработки молока // Молоч. пром-сть. – 2015. – № 12. – С. 32–34.
9. Affertsholt T., Fenger M. Whey Book 2014 – The Global Market for Whey and Lactose Ingredients 2014–2017/3A Business Consulting. – August, 2014. – 146 p.
10. Петров А. Н., Радаева И. А., Туровская С. Н. Новый национальный стандарт на молоко сухое // Молоч. пром-сть. – 2008. – № 1. – С. 18–19.

### REFERENCES

1. Petrova L. V., Petrova S. V. Vliyanie temperatury na suhoe tselnoe moloko v protsesse sushki // Izv. vuzov. Pisch. tehnologiya. – 2006. – N 4. – S. 78–80.
2. Rabinovich M. I., Cheretskih I. V., Kotov N. A. Vliyanie tyazhelyih metallov na kachestvo produktov zhivotnovodstva v tehnogennyih provintsiyah Yuzhnogo Urala // Opyit i problemyi obespecheniya prodovolstvennoy bezopasnosti gosudarstva. Sekts. 5. Ekologicheskie aspektyi prodovolstvennoy bezopasnosti, kontrol za kachestvom pischevyih produktov: materialyi mezhregion. nauch. – prakt. konf. (28–30.05 1998 g.). – UGSHA, 1998. – S. 231–234.
3. Reshetnik E. I., Maksimyuk V. A., Utochkina E. A. Tehnologii fermen-tirovannyih molochnyih produktov na osnove biotehnologicheskikh sistem – Blagoveschensk, 2013. – 112 s.

4. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Kislomolochnyiy produkt s prolongirovannym srokom hraneniya // Vestn. VSGUTU. – 2013. – N 6 (45). – S. 112–116.
5. Hramtsov A. G. Fenomen molochnoy syivorotki – SPb.: Professiya, 2011. – 804 s.
6. Tutelyan V. A. Himicheskiy sostav i kaloriynost rossiyskih produktov pitaniya: Spravochnik. – M: DeLi plus, 2012. – 284 s.
7. Vladyikina T. F. Model strukturyi mitsellyi kazeina – Kaunas, 1988. – 13 s.
8. Yurova E. A., Kobzeva T. V. Trebovaniya zakonodatelstva k pobochnym produktam pererabotki moloka // Moloch. prom-st. – 2015. – N 12. – S. 32–34.
9. Affertsholt T., Fenger M. Whey Book 2014 – The Global Market for Whey and Lactose Ingredients 2014–2017/3A Business Consulting – August, 2014. – 146 p.
10. Petrov A. N., Radaeva I. A., Turovskaya S. N. Novyy natsionalnyy standart na moloko suhoe / A. N. Petrov, // Moloch. prom-st. – 2008. – N 1. – S. 18–19.