

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.87.9.020>

**ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕТОД СУШКИ КОМБИНИРОВАННОГО МОЛОКА**

Научная статья

**Симоненко С.В.<sup>1</sup>, Мануйлов Б.М.<sup>2</sup>, Сидорова Е.В.<sup>3,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-6999-5048;

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-6167-1017;

<sup>3</sup> ORCID: 0000-0001-5333-1215;

<sup>1, 2, 3</sup> НИИ Детского питания - филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Истра, Россия

\* Корреспондирующий автор (academ[at]niidp.ru)

**Аннотация**

В данной статье изложены методы сушки комбинированного молока. В качестве исследуемой комбинации рассматривается смесь коровьего и козьего молока- сырья. Описаны два способа сушки: распылительный и сублимационный; преимущества и недостатки каждого метода относительно гомогенности водной системы восстановленного сухого комплекса молока.

**Ключевые слова:** комбинированное молоко, распылительная сушка, сублимационная сушка, гомогенность, полидисперсная система.

**MOST EFFICIENT METHOD OF DRYING COMBINED MILK**

Research article

**Simonenko S.V.<sup>1</sup>, Manuilov B.M.<sup>2</sup>, Sidorova E.V.<sup>3,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-6999-5048;

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-6167-1017;

<sup>3</sup> ORCID: 0000-0001-5333-1215;

<sup>1, 2, 3</sup> Research Institute of Baby Food - Branch of the Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Istra, Russia

\* Corresponding author (academ[at]niidp.ru)

**Abstract**

This article outlines drying methods for combined milk. A mixture of cow and goat milk raw materials is considered as a combination under study. Two drying methods are described: Spray and sublimation, as well as advantages and disadvantages of each method regarding the homogeneity of the aqueous system of the reconstituted milk powder complex.

**Keywords:** combined milk, spray drying, freeze-drying, homogeneity, polydisperse system.

Невозможно представить детское питание без молока и молочных продуктов, играющих важнейшую роль в становлении здорового организма. Учитывая биологическую ценность молочных продуктов, им отводится первостепенная роль в организации правильного питания населения. При этом коровье молоко является преобладающим и составляет около 95% от общего количества молока, потребляемого населением России. Однако, большое внимание уделяется проблеме использования молока других видов сельскохозяйственных животных, как отдельно взятых, так и в различных сочетаниях, что позволит в значительной степени расширить ассортимент молочных продуктов, сбалансированных по аминокислотному составу, обладающих повышенной пищевой и биологической ценностью [1], [2].

В настоящее время прослеживается тенденция роста использования козьего молока в основном при производстве детского, лечебного питания и сыров. Интерес к производству продуктов из козьего молока связан с его высокой биологической ценностью, легкой усвояемостью и относительно низкой аллергенностью [3].

Основные отличия козьего молока от коровьего: степень дисперсности жира, соотношение белковых фракций и их свойства. Средний размер жировых шариков коровьего молока составляет 21,2–31,2 мкм, козьего – всего 2 мкм. Соотношение казеина и сывороточных белков в коровьем и козьем молоке составляет 80:20 и 75:25 соответственно. Причем если казеиновая фракция белков коровьего молока представлена в основном  $\alpha_S$ -казеинами, то в козьем молоке основная фракция –  $\beta$ -казеин. Благодаря этому козье молоко образует мягкий сгусток, легко перевариваемый в желудке человека. Основным сывороточным белком коровьего молока является  $\beta$ -лактоглобулин, козьего –  $\alpha$ -лактоальбумин [4], [5]. Приведённые физико-химические показатели должны учитываться при разработке технологического процесса переработки смеси коровьего и козьего молока, так как они обуславливают отличия биохимических процессов и изменения реологических свойств молока.

При рассмотрении биотехнологических свойств смесей молока различных животных часто поднимается вопрос о гомогенности смеси и правомерности рассмотрения её как единой системы. При производстве сухих молочных продуктов большое значение имеет состав исходного сырья, устойчивость системы в процессе хранения и способность к восстановлению до состояния, пригодного к употреблению. Это объясняется тем, что все сухие вещества, содержащиеся в исходном сырье, при сушке переходят в готовый продукт и их концентрация увеличивается пропорционально уменьшению содержания влаги в нём [1], [6]. Применение современных технологий, обеспечивающих сохранение пищевой, биологической ценности и физиологической активности компонентов

исходной пищевой системы при высокой хранимоспособности готового продукта – эффективный способ увеличения срока хранения молочных продуктов, снижение активности воды высушиванием до массовой доли влаги 3-4% [7]. Такими технологическими приёмами являются: сушка, концентрирование, замораживание и т.д.

Распылительная сушка получила распространение при производстве мелкодисперсных порошков сухого молока и молочных продуктов, сухих молочных смесей детского питания. Этот метод позволяет значительно интенсифицировать процесс за счет максимального уменьшения размера частиц. В сушилках такого типа происходит распыление жидкого сырья и высушивание его при движении разнонаправленным потоком сушильного агента. Способ сушки распылением обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами сушки [8]:

– процесс сушки идет очень быстро (обычно 15–30 с), распыляемый продукт имеет насыщенную поверхность, происходит адиабатное испарение чистой жидкости (этот метод часто применяется для сушки пищевых продуктов, биологических и фармацевтических препаратов и других термолабильных материалов);

– при сушке распылением легко влиять на показатели качества готового продукта в зависимости от параметров сушки;

– готовый продукт имеет высокую растворимость и не требует больше обработки;

– распылительная сушка позволяет полностью автоматизировать процесс получения готового продукта;

– в распылительных сушилках можно использовать различную температуру.

Метод сублимационной сушки по-прежнему остается наиболее прогрессивным способом консервирования пищевых продуктов. Высокое качество продуктов сублимационной сушки общепризнано, поскольку при этом способе консервирования физико-химические изменения в продукте минимальны, так как процесс протекает при минусовых температурах. В связи с этим, сублимационная сушка является одним из перспективных способов увеличения сроков хранения молочных продуктов. Метод сублимационной сушки позволяет вырабатывать биологически полноценные молочные продукты и сохранять их потребительские свойства продолжительное время при нерегулируемых температурных условиях. Главным требованием к сублимированным молочным продуктам остается сохранение их качества в течение длительного времени (не менее 18-24 месяцев) при нерегулируемой температуре. Несмотря на огромные преимущества метода консервирования сублимации, в нашей стране внедрение этого метода идет очень медленно, это связывают с высокой себестоимостью вырабатываемого продукта, вызванной большими затратами тепла при сублимации [9].

В НИИ детского питания проведены исследования по определению оптимального способа сушки комбинированного молока, состоящего из смеси коровьего и козьего молока в соотношении 50/50%. Для сравнения использованы два вида сушки: распылительная и сублимационная.

Перед каждым видом сушки комбинированное молоко проходит подготовительный процесс, включающий в себя следующие технологические операции: пастеризация, сгущение в вакуум-выпарном аппарате, подогрев сгущенной смеси, гомогенизация.

Проведена сушка смеси молока на распылительной прямоточной форсуночной сушильной установке при температуре воздуха, поступающего из калорифера в сушильную башню 165°C и температуре воздуха при выходе из сушильной башни 80°C.

Сублимационную сушку осуществляли при температуре замороженного продукта минус 25°C и остаточном давлении в сублиматоре 0,0133...0,133 кПа.

В исходной смеси коровьего и козьего молока и в готовом продукте после каждого вида сушки определили массовую долю жира, белка, кислотность и плотность. Физико-химические показатели комбинированного молока до и после сушек представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели комбинированного молока до и после высушивания

Комбинированное молоко (коровье+козье)	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Кислотность, °Т	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Исходный продукт	3,8	3,0	18	1029
Распылительная сушка	26,9	23,4	17	1029
Сублимационная сушка	26,3	23,0	17	1030

Образцы сухого продукта, полученные различными способами сушки исследованы методом микроскопического анализа размера частиц. Данный метод применим для оценки эффективности ряда процессов, осуществляемых при производстве сухого молока. Микроскопирование образцов осуществлялось с применением микроскопа стереоскопического для проходящего света Stemi 200 - Carl Zeiss, Germany, микроскоп для проходящего света Axio Imager. A1, Carl Zeiss, Germany с системой анализа изображения, криомикротом Microm HM 525. На стереоскопическом микроскопе фотографировали образцы молока без дополнительной гидратации на цифровой фотоаппарат Canon G15, Japan.

Частицы комбинированного молока, полученные после распылительной сушки, образуют средней величины конгломераты, состоящие из мелких слипшихся субъединиц (рис.1). В то время, как частицы молока, полученного сублимационной сушкой, образуют крупные и средней величины пластинчатые конгломераты, состоящие из мелких, слитых в единое целое, субъединиц без видимых границ (рис.2).

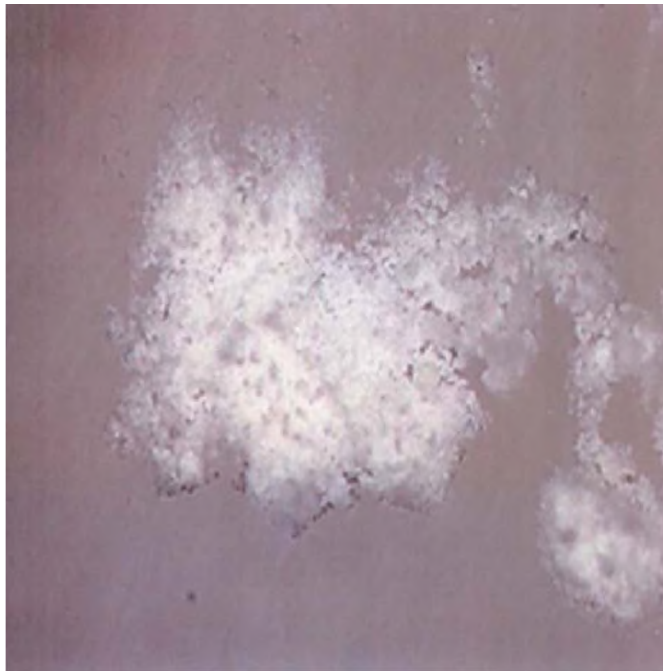


Рис. 1 – Сухое молоко распылительной сушки без гидратации. Ув. Об. 2,0х

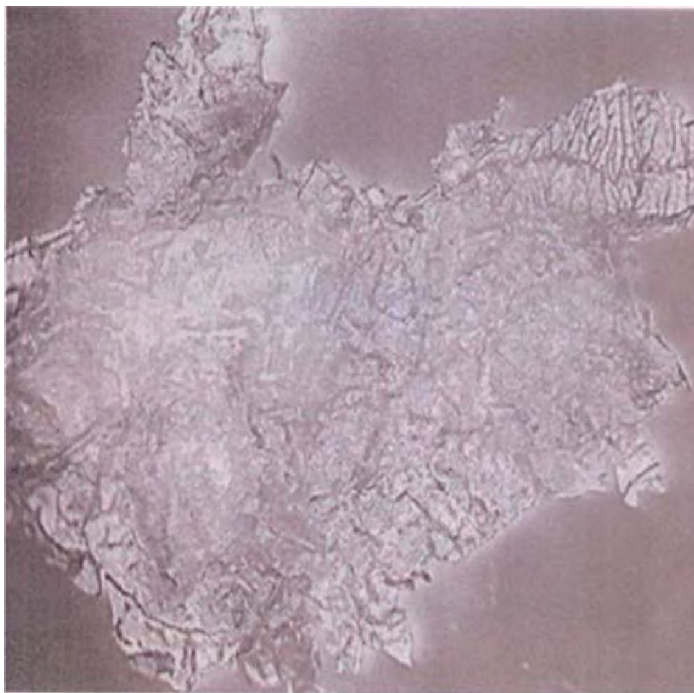


Рис. 2 – Сухое молоко сублимационной сушки без гидратации. Ув. Об. 2,0х

При производстве молочных продуктов из сухого молочного сырья важным является эффективность его восстановления, которая зависит от качества сухого молока. Процесс растворения заключается во взаимодействии сухого продукта с водой. Процесс восстановления можно считать завершенным тогда, когда физико-химические свойства восстановленного молока будут соответствовать свойствам натурального. Поэтому можно сказать, что к основным технологическим факторам, определяющим эффективность процесса восстановления сухих молочных продуктов, следует отнести количественное соотношение сухой и водной фракций, температуру, интенсивность и уровень жесткости механического воздействия при растворении [10].

В процессе гидратирования молока, сформированного из смеси козьего и коровьего, происходит разделение субъединиц и частичное их растворение в воде (рис.3,4).



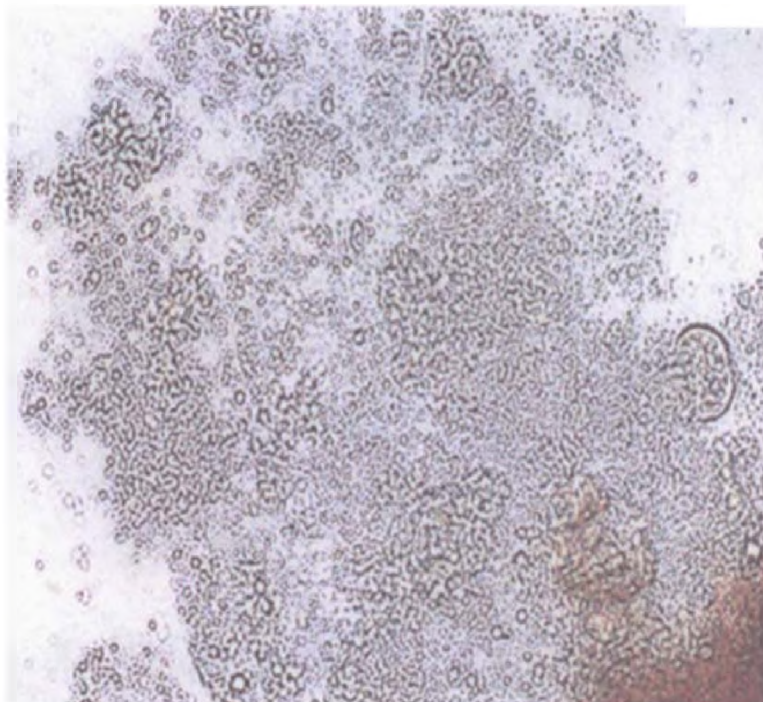


Рис. 3 – Процесс гидратирования сухого молока распылительной сушки. Ув. Об. 63х

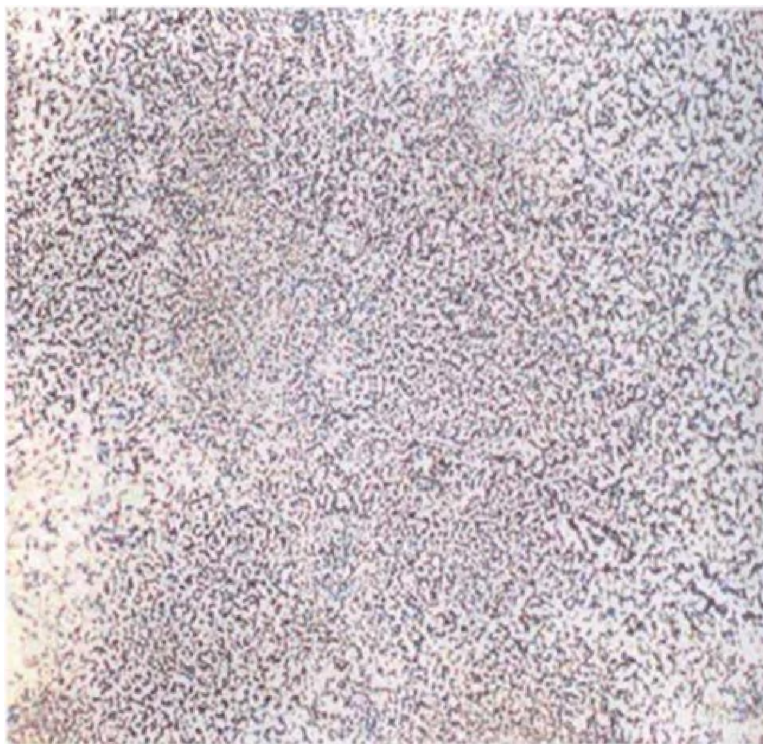


Рис. 4 – Процесс гидратирования сухого молока сублимационной сушки Ув. Об. 63х

При микроструктурном анализе сухого комбинированного молока, полученного путём распылительной сушки, после восстановления выявлено, что значительная часть белкового и жирового компонентов диспергируется и частично растворяется с образованием относительно гомогенной водной системы (рис.5).

При исследовании восстановленного образца сухого сублимированного комбинированного молока следует отметить, что основная часть белкового и жирового компонентов сложно диспергируется и не полностью растворяется в водной системе, препарат в значительной степени сохраняет агрегационную пластинчатую структуру, в водной фазе наблюдается присутствие в небольшом количестве отдельных мелких структур белковой и жировой природы, жировая фракция в значительной степени ассоциирована в составе прочных пластинчатых комплексов и только небольшая часть имеет форму мелких липидных капель (рис.6).

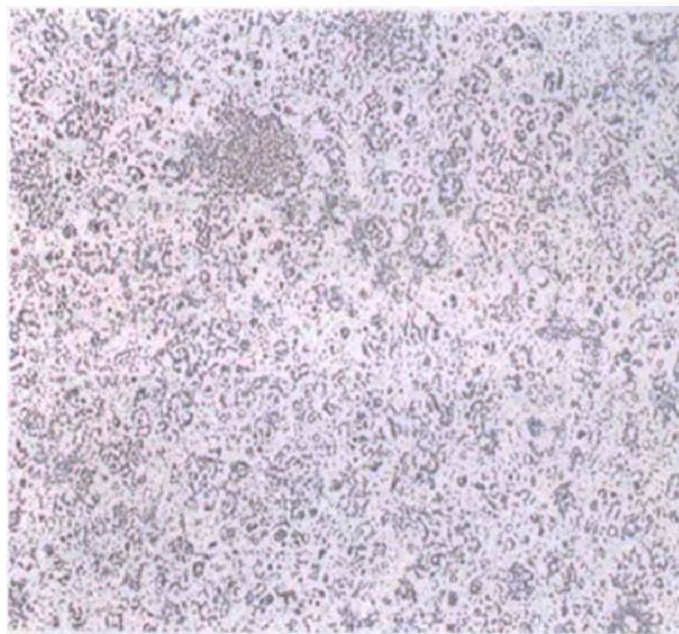


Рис. 5 - Восстановленное комбинированное молоко распылительной сушки. Ув. Об. 40х

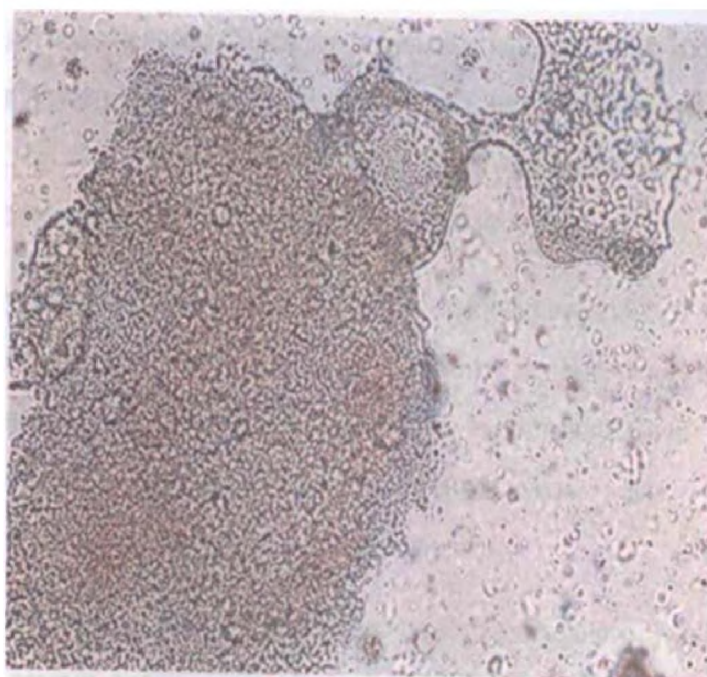


Рис. 6 - Восстановленное комбинированное молоко сублимационной сушки. Ув. Об. 40х

Таким образом, одной из основных характеристик гранулометрического состава сухого молока является фактическое распределение частиц в продукте, в том числе как одиночных, так и агломератов. Знания о составных частях и их микроструктуре в молоке, с течением времени постоянно расширяются. Это является следствием целенаправленных научных исследований с применением современных методов анализа, которые позволяют обнаружить и количественно определить даже те составные части молока, которые присутствуют в нем в виде следов. В ходе проведенных исследований было установлено: при равных условиях проведения эксперимента, сухое комбинированное молоко, полученное путём сублимационной сушки, хуже растворяется при восстановлении, чем молоко, полученное методом распылительной сушки. Также следует отметить, что сублимационная сушка увеличивает себестоимость продукта вследствие использования более сложного оборудования с большими теплотратами. Ингредиенты сухого комбинированного молочного продукта распылительной сушки из молока разных видов молочных животных ведут себя в продукте как единая белково-жировая система и в процессе восстановления в водной среде не разделяются, однако, для полного диспергирования компонентов белковой природы требуется дополнительное время и оборудование. Для производства продуктов детского питания целесообразно использование комбинированного молока, полученного методом распылительной сушки.



**Финансирование**

Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. по направлению № 0529-219-0060.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Funding**

The research work on the preparation of the manuscript was carried out at the expense of the subsidies for the state assignment under the Program of Fundamental Scientific Research of the State Academies of Sciences for 2013-2020 in the direction number 0529-219-0060.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Симоненко С.В. Молочные белки в детском питании / Симоненко С.В., Дмитриева С.Е., Лесь Г.М. и др. // Молочная промышленность. 2014. №12. С.60.
2. Молочная индустрия мира и Российской Федерации (ежегодник – 2010) Российский союз предприятий молочной отрасли. М., 2010. С. 147.
3. Симоненко С.В. Разработка продуктов детского питания на основе козьего молока / Симоненко С.В., Дмитриева С.Е. // Молочная промышленность. 2015. № 6. С. 67–68.
4. Мироненко И.М. Козье молоко. Как сказку сделать былью / Мироненко И.М., Усатюк Д.А., Бондаренко Н.И. // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 6. С. 19-23.
5. Суюнчев О.А. Технология сыров из козьего молока: монография / О.А. Суюнчев. Ставрополь: СевКазГТУ. 2006. С. 164.
6. Дмитриева С.Е. Исследование микроструктуры сухого молока разных видов животных / Дмитриева С.Е., Лесь Г.М., Гиро Т.М. и др. // Аграрный научный журнал. 2015. № 8. С. 41-44.
7. Короткова А.А. Технология обогащения молочных продуктов для детского питания биодоступными формами йода и селена / Короткова А.А., Горлов И.Ф. и др. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 5-6 (329-330). С. 40-43.
8. Попов В.П. Исследование процессов распылительной сушки мелкодисперсного сырья. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции / Попов В.П. 2016. С. 1165-1169.
9. Ивкова И.А. Современные технологии получения сухих молочных консервов высокого качества / Ивкова И.А., Пиляева А.С. // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2015. № 4 (31). С. 89-94.
10. Титов Р.А. Линия восстановления сухого молока на базе установки непрерывного смешивания компании «Оскон» / Титов Р.А. // Молочная промышленность. 2012. № 3. С. 246.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Simonenko S.V. Molochnyye belki v detskom pitanii [Milk proteins in baby food] / Simonenko S.V., Dimitrieva S.E., Les G.G. and others // Molochnaya promyshlennost' [Dairy industry]. 2014. №12. P.60. [in Russian]
2. Molochnaya industriya mira i Rossiyskoy Federatsii (yezhegodnik – 2010) [Dairy industry of the world and the Russian Federation (Yearbook - 2010)] Rossiyskiy soyuz predpriyatij molochnoy otrasli [Russian Union of Dairy Enterprises]. M., 2010. P. 147. [in Russian]
3. Simonenko S.V. Razrabotka produktov detskogo pitaniya na osnove koz'yego moloka [Development of baby food based on goat milk] / Simonenko S.V., Dimitrieva S.E. // Molochnaya promyshlennost' [Dairy industry]. 2015. № 6. P. 67–68. [in Russian]
4. Mironenko I.M. Koz'ye moloko. Kak skazku sdelat' byl'yu [Goat milk. How to make a fairy tale come true] / Mironenko I.M., Usatyuk D.A., Bondarenko N.I. // Syrodeliye i maslodeliye [Cheese-making and butter-making]. 2015. № 6. P. 19-23. [in Russian]
5. Suyunchev O.A. Tekhnologiya syrov iz koz'yego moloka: monografiya [Technology of goat milk cheese: monograph] / O.A. Suyunchev. Stavropol': SevKazGTU [Stavropol: North Kazakhstan State Technical University]. 2006. P. 164. [in Russian]
6. Dimitriyeva S.Ye. Issledovaniye mikrostruktury sukhogo moloka raznykh vidov zhivotnykh [The study of the microstructure of milk powder of different species of animals] / Dimitrieva S.E., Les G.G., Giro T.M. and others // Agrarnyy nauchnyy zhurnal [Agrarian Scientific Journal]. 2015. № 8. P. 41-44. [in Russian]
7. Korotkova A.A. Tekhnologiya obogashcheniya molochnykh produktov dlya detskogo pitaniya biodostupnymi formami yoda i selena [Technology of enrichment of dairy products for baby food with bioavailable forms of iodine and selenium] / Korotkova A.A., Gorlov I.F. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya [News of higher educational institutions. Food technology]. 2012. № 5-6 (329-330). P. 40-43. [in Russian]
8. Popov V.P. Issledovaniye protsessov raspylitel'noy sushki melkodispersnogo syr'ya [Investigation of the processes of spray drying of fine raw materials] / Popov V.P. V sbornike: Universitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii [In the collection: University complex as a regional center of education, science and culture Materials of the All-Russian scientific and methodical conference]. 2016. P. 1165-1169. [in Russian]
9. Ivkova I.A. Sovremennyye tekhnologii polucheniya sukhikh molochnykh konservov vysokogo kachestva [Modern technologies for obtaining high quality dry milk canned food] / Ivkova I.A., Pilyaeva A.S. // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya [Bulletin of the State Agrarian University of Northern Zauralye]. 2015. № 4 (31). P. 89-94. [in Russian]
10. Titov R.A. Liniya vosstanovleniya sukhogo moloka na baze ustanovki nepreryvnogo smeshvaniya kompanii «Oskon» [Dry milk recovery line on the basis of the Oskon continuous mixing plant] / Titov R.A. // Molochnaya promyshlennost' [Dairy industry]. 2012. № 3. P. 246. [in Russian]