

УДК 637.143

Формирование технологических свойств сухого молока

И. А. Радаева, А. Г. Кручинин*, С. Н. Туровская, Е. Е. Илларионова, А. В. Бигаева

**Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия;*
e-mail: kruchinin-vnimi@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3227-8133>

Информация о статье *Реферат*

Поступила
в редакцию
10.04.2020

Сухое молоко обладает высокой пищевой ценностью и хранимоспособностью, находит широкое применение в производстве пищевой продукции, позволяет осуществлять выработку социально значимой молочной продукции в районах Российской Федерации, где молочное животноводство не развито или отсутствует возможность получения молока-сырья. Технология формирования свойств сухого молока и придания ему функциональных качеств (термоустойчивости, сыропригодности, растворимости) включает приемы, основанные на предупредительных мероприятиях воздействия на сырое молоко в процессе его переработки. Особое значение имеют методы повышения термоустойчивости сухого молока, поскольку его низкая тепловая стабильность не способствует получению качественной готовой продукции или приводит к исключению такого молока из технологического процесса. Изучению путей улучшения термостабильности сухого молока посвящены работы отечественных и зарубежных исследователей, в которых предложены различные способы решения данной проблемы: эффективная очистка и предварительная тепловая обработка молока-сырья; использование специальных пищевых добавок и сырьевых молочных компонентов; корректировка физико-химических показателей; варьирование температурных режимов; применение нетрадиционных установок для сгущения и сушки. В процессе исследования рассмотрены перспективы развития комбинированных способов повышения термоустойчивости, не требующих изменения существующих технологических регламентов получения сухого молока и позволяющих организовать их внедрение в условиях действующих производств. Представленный обзор способствует расширению знаний и поиску новых подходов в области формирования технологических свойств сухого молока и молочных консервов.

Ключевые слова:

сухое молоко,
сырое молоко,
повышение качества,
технологические
свойства,
термоустойчивость

Для цитирования

Радаева И. А. и др. Формирование технологических свойств сухого молока. Вестник МГТУ. 2020. Т. 23, № 3. С. 280–290. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-280-290

Forming technological traits of dry milk

Iskra A. Radaeva, Alexandr G. Kruchinin*, Svetlana N. Turovskaya,

Elena E. Illarionova, Alana V. Bigaeva

**All-Russian Dairy Research Institute, Moscow, Russia;*

e-mail: kruchinin-vnimi@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3227-8133>

Article info

Abstract

Received
10.04.2020

Dry milk is used in a wide variety of products due to its high energy value and long shelf life. Its use is especially valuable in the dairy industry, since it smooths the seasonality of raw milk production. Moreover, dry milk makes it possible to generate socially essential products in the regions of Russia where dairy farming is not developed or where it is impossible to produce raw milk. There are different methods to form dry milk's traits and the required functional features like cheesability, heat stability and solubility. Among these methods we emphasize on technological ones, based on prevention measures of impact on raw milk during its processing. As a result, methods for the increase of dry milk's heat stability are among the most essential, since its low values make it impossible to generate products of high quality or to use this milk in any processing at all. A number of foreign and national works are dedicated to the improvement of dry milk's heat stability. These studies offer various methods like an effective refining of raw milk, its preliminary heat treatment, the use of specific food supplements and raw milk components, the correction of physicochemical values, the variation of temperature regimes, the use of unconventional equipment for desiccation and condensation. Integrated methods of heat stability increase do not require core changes in the current technological requirements of dry milk production and can be integrated into the existing production conditions, thus they arose a lot interest and have prospects. This overview allows to broaden knowledge and to find new methods to form technological traits of not only dry milk, but canned milk as well.

Key words:

dry milk,
raw milk,
quality improvement,
technological traits,
heat stability

For citation

Radaeva, I. A. et al. 2020. Forming technological traits of dry milk. *Vestnik of MSTU*, 23(3), pp. 280–290. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-280-290

Введение

Сухое молоко широко применяется в промышленных масштабах в сухом виде или после восстановления в питьевой воде до требуемой концентрации сухих веществ, что позволяет обеспечить равномерный и бесперебойный выпуск пищевой продукции в течение года и решить важную социальную задачу снабжения полноценным продовольствием населения (прежде всего проживающего на географически отдаленных территориях Российской Федерации). Использование данного продукта необходимо в процессе производства молочных продуктов, где поступление сырого молока на перерабатывающие предприятия зависит от сезона года. Сухое молоко характеризуется повышенной хранимоспособностью, высокой пищевой ценностью, обладает удобством при транспортировании; оно входит в состав продуктов для домашнего потребления, рационов специализированного питания различных групп населения, а также пищевых резервов страны, используемых при чрезвычайных ситуациях, в качестве гуманитарной помощи и т. д. Качество готовой продукции, выработанной с применением сухого или восстановленного молока, зависит от технологических и санитарно-гигиенических характеристик этого продукта (*Galstyan et al., 2019; Кобзева и др., 2016*).

По данным Росстата, в 2017–2019 гг. годовые объемы производства сухого цельного и обезжиренного молока в РФ составляли в среднем 62 и 80 тыс. т соответственно. В этой связи следует отметить позитивные тенденции увеличения выпуска сухого молока по сравнению с 2016 г.: объем сухого цельного молока вырос в 2,5 раза, обезжиренного – на 36 %. Однако этого недостаточно для обеспечения внутрисредней потребности в сухом молоке (около 300 тыс. т), дефицит которого возмещается за счет импортных поставок, в основном из Республики Беларусь. Реальное же количество используемого в пищевой промышленности сухого молока в пересчете на восстановленный продукт превосходит его выпускаемые объемы ориентировочно на порядок¹.

Получение сухого молока основано на одном из классических принципов консервирования – ксероанабиозе, при котором в результате удаления из молока влаги путем тепловой сушки происходит плазмолиз микробных клеток. Сухое молоко вырабатывают конвективными, контактными и сублимационными способами, имеющими свои преимущества и недостатки, связанные с качеством готовой продукции, техническими характеристиками оборудования, экономической составляющей и пр. (*Липатов и др., 1981; Белецкая и др., 2019*). Наиболее распространенным способом производства сухого молока является непрерывная распылительная сушка молока-сырья, основанная на принципе конвекции. Для этой цели используют промышленные высокопроизводительные установки различных типов, базовый принцип работы которых основан на моментальном удалении воды из мелкодиспергированных частиц молока при их контакте с циркулирующим горячим сухим воздухом, в результате чего практически мгновенно образуются сухие частицы продукта, имеющие средний диаметр 50 мкм (*Королев и др., 2017; Туровская и др., 2018*).

В настоящее время производство сухого молока на территории стран, являющихся членами Евразийского экономического союза (ЕАЭС), осуществляется по ГОСТ 33629-2015 "Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия"², а также различным техническим условиям, стандартам организаций и с обязательным соблюдением требований Технического регламента Таможенного союза 033/2013 "О безопасности молока и молочной продукции"³, согласно которому сухое молоко в зависимости от содержания жира классифицировано как обезжиренное (не более 1,5 %), частично обезжиренное (1,5–26 %) и цельное (26–42 %). Следует отметить, что разработка ГОСТ 33629-2015 была осуществлена на основе национальных стандартов РФ и РБ посредством их гармонизации с требованиями международного пищевого кодекса Codex Stan 207-1999 "Codex Standard for Milk powders and cream powder"⁴.

Существующие приемы повышения качества сухого молока можно условно классифицировать: 1) на генетические, зависящие от породы, наследственности, индивидуальных особенностей животного, его генотипа; 2) паратипические, обусловленные технологией выращивания, рационом кормления, сезоном года, возрастом, периодом лактации, условиями содержания и состоянием здоровья животного; 3) технологические, заключающиеся в превентивно-корректирующем регулировании свойств сырого молока в процессе его переработки. Первые два способа относятся к "прижизненному" формированию необходимых биохимических и физических свойств молока-сырья, используемого для получения сухого молока с определенными характеристиками и возможностью его целенаправленного применения в производстве различных видов продукции, в том числе молочной. Третий способ заключается

¹ Российский статистический ежегодник : стат. сб. / Гос. ком. Рос. Федерации по статистике (Госкомстат России). М. : Гос. ком. Рос. Федерации по статистике, 2019. 708 с.

² ГОСТ 33629-2015. Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия. М., 2016.

³ Технический регламент Таможенного союза 033/2013 "О безопасности молока и молочной продукции". URL: <http://docs.cntd.ru/document/499050562>.

⁴ Codex Stan 207-1999 "Codex Standard for Milk powders and cream powder". URL: <http://www.fao.org/3/i2085e/i2085e00.pdf>.

во внешнем воздействии на исходное молоко с помощью предупредительных технологических приемов с целью повышения качественных показателей сухого молока и придания ему желательных функциональных свойств. Это обусловлено тем, что из сухой молочной продукции с низкой термоустойчивостью, плохой растворимостью, увеличенной влажностью, повышенной титруемой кислотностью, органолептическими пороками и другими недостатками сложно, а порой и невозможно произвести пищевые продукты должного качества. Поэтому разработка и применение необходимого комплекса мероприятий на этапе технологии является актуальной задачей (Кобзева и др., 2016; Галстян и др., 2008; Башаева, 2010).

Цель настоящей работы – систематизация информации о современных способах формирования и повышения термоустойчивости сухого молока, осуществляемых с использованием различных технологических приемов.

Обсуждение

В производстве молочных продуктов существует необходимость предварительного накопления охлажденного до температуры 4 ± 2 °С сырого молока, главным образом на молочно-консервных предприятиях, производящих сухое молоко, ввиду наличия оборудования высокой производительности, требующего резервирования больших объемов молочного сырья. Показатели качества и безопасности такого молока в процессе хранения в основном соответствуют действующим требованиям, однако даже при низких положительных температурах в нем происходят различные нежелательные процессы физического, биохимического и микробиологического характера: изменяется исходное равновесие отдельных составных частей; нарушаются мембраны жировых шариков; в какой-то мере гидролизуются белок, его мицеллы приобретают склонность к гелеобразованию, из них частично выделяются кальций, фосфор, растворимый бета-казеин; отмечается незначительное разрушение витаминов; развиваются психротрофные микроорганизмы, обладающие высокой ферментативной активностью и т. д. Эти процессы негативно влияют на качество сырого молока, ослабляя или совсем уничтожая такое важное его технологическое свойство, как термоустойчивость, делая его совершенно непригодным для производства сухого молока, поскольку тепловая стабильность молочной системы обусловлена, с одной стороны, строением частиц белка, с другой – содержанием и соотношением минеральных веществ. Термоустойчивость – способность молока выдерживать тепловое воздействие (115–140 °С) без изменения коллоидно-дисперсных свойств белка. Следует отметить, что в зависимости от белкового и минерального состава максимальной термоустойчивостью обладает молоко, полученное в летний и ранне-осенний периоды, минимальной – в весенний сезон. Среди известных методов контроля термоустойчивости наиболее часто применяются алкогольная проба, основанная на установлении коагуляции белка молока под действием этилового спирта различных концентраций в течение определенного времени, при этом молоку присваивают группу от I (высшая) до V (низшая); тепловая проба, фиксирующая продолжительность стабильности белковой фракции в молоке, подвергнутом тепловому воздействию при 115–140 °С (измеряется в секундах или минутах) (Голубева, 2005).

Как было указано выше, в молоке в процессе его хранения до переработки протекают микробиологические и ферментативные процессы, ухудшающие качественные показатели, особенно органолептические. Из многочисленных ферментов, присутствующих в молоке, наибольшая роль в образовании различного рода пороков (прогоркание, осаливание, изменение цвета и пр.) принадлежит липазам и протеазам нативного и бактериального происхождения. В результате действия липаз в молоке происходит образование свободных жирных низкомолекулярных кислот, моно- и диглицеридов, а также увеличение кислотности молочного жира. Протеазы увеличивают количество пептонной фракции, уменьшают содержание сывороточных белков, изменяют дисперсность казеина и соотношение растворимых и коллоидных фосфатов. Активность липаз и протеаз не удается устранить или остановить охлаждением сырого молока, а продукты их действия нельзя удалить никакими технологическими приемами. Поэтому сырое молоко необходимо в короткий срок после дойки очистить от микроорганизмов и инактивировать в нем ферменты посредством теплового воздействия. Таким образом, эффективными путями предупреждения отрицательного воздействия бактериальных клеток в молоке-сырье на первоначальном этапе являются прелиминарные технологические операции (очистка и пастеризация), позволяющие формировать и повышать качество сухого молока. Также следует тщательно соблюдать санитарно-гигиенические условия получения молока и не допускать повторного заражения микрофлорой пастеризованного молока (Юрова и др., 2019; Юрова, 2015).

При очистке из сырого молока удаляют не только механические примеси и бактериальные клетки, но и коагулированные частицы белка. Однако центробежной очисткой нельзя добиться полного извлечения из молока микроорганизмов (количество бактерий снижается на 50–80 %) из-за их малого размера (0,5–8,0 мкм). Более эффективное удаление бактериальных клеток (до 99,9 %) осуществляют с помощью бактофуг при температуре 65–75 °С. Проведение бактофугирования при более низких температурах (например, 30 °С) не позволяет достигнуть такого результата, количество микроорганизмов

уменьшается только на 80 %. Бактофугирование способствует повышению качества готовой продукции за счет уменьшения показателя седиментации молока-сырья и увеличения его термостойкости, обусловленной удалением денатурированных сывороточных белков (альфа-лактальбумина и бета-лактоглобулина). Вместо бактофугирования также применяют процесс многоступенчатой микрофльтрации, при котором мембраной задерживается до 99,5 % бактерий и их спор, присутствующих в сыром молоке. Следует отметить, что предварительное удаление микроорганизмов из молока способствует значительному повышению эффективности последующего воздействия тепловой обработки на оставшуюся микрофлору (Туровская и др., 2018; Голубева, 2005).

Технологическая операция по предварительной термизации сырого молока позволяет стабилизировать исходные качества сырья. В исследовании (Туровская и др., 2018) рекомендуется проводить этот этап технологического процесса непосредственно на фермах или низовых заводах по схеме: очистка, тепловая обработка (70–74 °С), охлаждение (2–6 °С) и незамедлительная доставка на молочно-консервные комбинаты. Установлено, что более 50 % изначально термоустойчивого охлажденного сырого молока, имеющего достаточно высокую II группу по алкогольной пробе, после 24 ч хранения не выдерживало эту пробу, утратив стойкость к тепловому воздействию. При хранении в течение суток и после тепловой обработки доля нетермостабильного молока уменьшилась до 10–15 %, а термоустойчивость повысилась до I группы. После 48 ч хранения все охлажденное сырое молоко стало непригодным для выработки консервированных продуктов, тогда как пастеризованное охлажденное молоко сохранило стабильность и вполне удовлетворительную термоустойчивость, вязкость его понизилась, молекулярная масса частиц казеина уменьшилась, стабилизировались свойства молочного жира. Жировая фракция сухого цельного молока, произведенного из предварительно пастеризованного молока, более стойка к окислению, чем жир в сухом молоке, где термизацию не применяли. Изучение значений перекисных чисел показало, что продолжительность индукционного периода увеличилась в 2–2,6 раза за счет своевременной инактивации микроорганизмов с липолитической активностью и прекращения окислительных процессов при хранении пастеризованного молока. В этой связи следует отметить, что бактофугирование предпочтительнее проводить при температуре 70–74 °С, таким образом совмещая оба процесса (очистку и предварительную пастеризацию), в сочетании с обязательным (в случае резервирования молока) охлаждением до 4 ± 2 °С. Включение указанных этапов в технологический процесс производства сухого молока требует дополнительных затрат, однако это окупается возможностью переработки большого количества молока-сырья в сезонный или его накопления в несезонный периоды и повышенной стойкостью готовой продукции в процессе длительного хранения. Необходимо подчеркнуть, что предварительная тепловая обработка сырого молока является дополнительной производственной процедурой, которая не исключает из технологического процесса проведение пастеризации молока перед его направлением на сгущение и сушку. К сожалению, молочно-консервные предприятия применяют в своей работе указанные мероприятия не на постоянной основе, а только в случае временного отсутствия термостойкого сырья или возникновения в сухом молоке явно выраженных пороков органолептического происхождения.

Технология улучшения свойств сухого молока за счет повышения его термоустойчивости включает физико-химические способы регулирования и восстановления белкового и солевого баланса с помощью специальных пищевых добавок, корректировки значений pH, добавления сырьевых молочных компонентов и т. д.

В международной практике при изготовлении сухого молока по Codex Stan 207-1999 используют молоко, сливки, концентрат цельного молока, полученный ультрафльтрацией, молочный пермеат, лактозу и в строго регламентированном количестве широкую гамму синтетически полученных функциональных пищевых добавок, таких как антиоксиданты, стабилизаторы, отвердители, регуляторы кислотности, эмульгаторы, а также добавки, препятствующие комкованию и слеживанию. В соответствии с ГОСТ 33629-2015 при выработке отечественного сухого молока разрешено применение различных видов молочного сырья (сырого и пастеризованного молока, сливок, обезжиренного молока, сгущенного молока) и только одной пищевой добавки – антиокислителя дигидрохверцетина, являющегося биофлавоноидом природного (растительного) происхождения отечественного производства, обладающего высокой антиоксидантной активностью, технологические свойства которого с позиции использования в пищевой отрасли, в частности молочной промышленности, в настоящее время глубоко и всесторонне изучены. Введение дигидрохверцетина на ранней стадии технологического процесса в молочное сырье перед сушкой позволяет продлить срок хранения сухого молока в 2–3 раза (в зависимости от вида упаковки) (Кудрявцева и др., 2018). Производство сухого молока лишь из молочного сырья заслуживает положительной оценки и рекомендуется прежде всего при его переработке на восстановленное молоко для непосредственного потребления населением в пищу. Учитывая ограниченное количество качественного сырого молока и сезонность его получения, следует отметить, что появляется необходимость выработки сухого молока из слаботермостойкого или совсем нетермостойкого сырья, тепловую стабильность которого можно повысить путем введения солей-стабилизаторов, разрешенных

в установленном порядке для использования в питании. В данном случае производство такого рода сухого молока можно осуществить по техническим условиям или стандартам организаций, используя при этом в качестве сырьевых компонентов не только молочное сырье, но и различные пищевые добавки необходимой технологической направленности.

В работах (Геворкян, 2017; Галстян и др., 2019) подтверждена целесообразность применения солей для улучшения функционально-технологических характеристик сухого молока, изучены их виды, предложены способы внесения, подобраны оптимальные концентрации. В ходе исследования рассмотрены следующие соли-стабилизаторы: 1) трехзамещенный лимоннокислый натрий (E331iii) и двухзамещенный фосфорнокислый натрий (E339ii), используемые в производстве сгущенного молока с сахаром; 2) комплексная соль (полифосфат), представляющая собой смесь фосфатов натрия (E452i) применяемая в производстве сгущенного стерилизованного молока и отвечающая критерию "качество – эффективность – доступность – цена". Предварительно экспериментальным путем была установлена их оптимальная дозировка, равная 0,3 % к массе сухого молока. Опытные образцы сухого цельного молока были получены двумя способами: высушиванием смеси нормализованного молока с водными растворами солей; смешиванием сухого цельного молока с сухой солью на вибрационном смесителе. Контролем служило сухое цельное молоко без добавления солей. Результаты множества контролируемых в ходе эксперимента показателей образцов выявили наибольшую эффективность применения полифосфатной соли. Установлено, что ее добавление обеспечивает стабильное повышение термоустойчивости в технологической цепочке "сырье – продукт" по алкогольной пробе на 1–3 позиции и формирует высокое значение тепловой стабильности готового продукта при хранении. Исследования сухого цельного молока с цитратами и фосфатами натрия в среднем показали их меньшую действенность, так как произошло повышение термоустойчивости только на одну группу; выявлена незначительная потеря качества при хранении; отмечена нецелесообразность применения этих солей при начальном значении термоустойчивости на уровне I–II групп. При изучении микроструктуры всех сухих образцов обнаружены многочисленные глобулярные частицы с различной степенью дисперсности. В контроле и образцах, полученных сухим смешиванием, значительная доля частиц находилась в свободном (несвязанном) состоянии; в образцах, где нормализованную смесь высушивали вместе с солью, отмечалось наличие глобул сухого молока более крупного размера, связанных между собой посредством соединительных "мостиков" с образованием агломератов условно скомутированной структуры, что обусловлено интенсивным механизмом воздействия солей на протеиновый комплекс до сушки, таким образом оказывается положительное влияние на термоустойчивость и скорость растворения сухого продукта.

Также была проведена апробация технологических схем, включающих варианты комбинирования тепловой обработки и использования полифосфатной соли (Галстян и др., 2008; Геворкян, 2017):

- вариант 1 (контроль) – предварительная пастеризация (74–76 °С) молока-сырья и охлаждение его до 4 ± 2 °С;
- вариант 2 – внесение полифосфатной соли (0,3 % к массе сухого молока) в молоко, тепловая обработка при температуре 74–76 °С с последующим охлаждением до 4 ± 2 °С;
- вариант 3 – добавление полифосфатной соли (0,3 % к массе сухого молока) в пастеризованное (74–76 °С) и охлажденное (2–6 °С) молоко.

Полученные результаты подтвердили вышеприведенные данные по положительному влиянию на термоустойчивость молочного сырья с предварительной тепловой обработкой. При этом наибольшее повышение термостабильности установлено при использовании вариантов комбинирования 2 и 3 (с использованием соли), более выраженный эффект – варианта 3. Выявленное понижение термоустойчивости образцов второго варианта при хранении более 24 ч обусловлено механизмом негативного влияния комплексной соли, активированной температурным воздействием. На основании полученных данных была проведена выработка сухого обезжиренного молока. В процессе хранения сухих продуктов установлена менее интенсивная отрицательная динамика изменения титруемой кислотности и вязкости, а также понижения термоустойчивости образцов, полученных с применением термообработки (контролем служило сухое обезжиренное молоко без предварительной тепловой обработки сырого молока). Лучшие результаты по хранимоустойчивости получены для варианта 2.

В ряде работ описаны исследования термоустойчивости сухого и восстановленного молока с добавлением хлорида кальция. Так, в восстановленное (до массовой доли сухих веществ 9 %) молоко вносили хлорид кальция различных концентраций (от 0 до 25 ммоль) и оценивали стабильность молока после теплового воздействия (60 и 120 °С), измеряя количество осадка и остаточного белка в отцентрифугированной жидкости (супернатанте). Кроме этого, образцы молока подвергали диализу, измеряли рН и ионный кальций. Определено, что по мере повышения температурного воздействия коагуляция происходила при более низких концентрациях хлорида кальция, также рН и ионный кальций снижались в диализатах. Осаждение белка не наблюдалось в случае, когда количество соли было менее 0,5 ммоль, а значение рН составляло более 6,3. Электрофорез супернатантов позволил идентифицировать

белковые фракции, участвующие в процессе коагуляции. Если коагуляция наблюдалась при температуре ниже 80 °С, в супернатанте были обнаружены значительные количества неденатурированного альфа-лактальбумина и бета-лактоглобулина, а также некоторые растворимые фракции казеина. В осадке были обнаружены все основные фракции сывороточного белка и казеина. По мере увеличения содержания соли и повышения температуры происходило образование осадка с более плотной структурой гелеобразного типа. Таким образом, добавление в молоко хлорида кальция снижает термостабильность (*On-Nom et al., 2012*). Исследователи также провели эксперимент по обогащению молока кальцием с целью повышения его биологической ценности, при этом оценивали его термоустойчивость. В восстановленное (до массовых долей белка 1,75 и 3,5 %) сухое обезжиренное молоко вносили кальций в виде карбонатных, фосфатных, лактатных и цитратных солей, обогащая образцы 0,15; 0,18 и 0,24 % кальция. Добавление фосфатных и лактатных солей снижало рН молока, цитрат кальция не оказывал какого-либо значительного действия, карбонат кальция в образцах с содержанием белка 1,75 % повышал рН. Добавление кальция в молоко с массовой долей белка 3,5 % снижало растворимость и термостабильность. Однако в образцах с 1,75 % белка присутствие карбонатной соли значительно увеличивало термостабильность, что, по-видимому, связано с нейтрализующим действием карбоната кальция при его переходе в раствор (*Yuas et al., 2004*). Вызывают интерес опыты по повышению термоустойчивости сухого обезжиренного молока в ходе его восстановления до 25 % сухих веществ за счет снижения концентрации свободного Ca^{2+} до 1,14 ммоль и ниже при включении в технологию производства перед сгущением дополнительной операции – ионообменной обработки с использованием натрия или тринатрия цитрата. Снижение концентрации свободного кальция сопровождалось повышением термоустойчивости и активной кислотности, увеличением размера белковых частиц и кинематической вязкости, а также снижением дзета-потенциала и изменением цвета. Таким образом, определена важность концентрации Ca^{2+} и значения рН для термостабильности сухого молока (*Fak et al., 2009*).

Одним из способов повышения термоустойчивости молока является применение молочных белковых концентратов (МБК), обладающих высокой стабильностью и способностью повышать буферность концентрированных молочных систем (*Crowley et al., 2014*). Также при их добавлении снижается углеводная составляющая, которая в свою очередь негативно влияет на тепловую устойчивость. В процессе исследований (*Singh et al., 2019*) сравнивали теплоустойчивость восстановленного сухого обезжиренного молока с внесенным в него МБК в различных количествах (содержание белка в смесях составляло 3,25; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 10,0; 14,0 %) при температуре 145 °С в течение 5 с. Установлено, что наибольшей термостабильностью обладали смеси с содержанием белка 10,0 и 14,0 %. Также получены данные для смеси с 7,5 %, в которую вносили соли и лактозу. В результате устойчивость смеси заметно снизилась (с 120 до 66 мин). Кроме этого, выявлено, что температурная обработка приводит к образованию более крупных частиц казеина в смеси с 7,5 % (1,84 мкм) по сравнению со смесью с 14,0 % белка (0,23 мкм). В работе (*Lin et al., 2016*) изложены результаты по проведению обогащения обезжиренного молока различными высокобелковыми продуктами: сухим обезжиренным молоком, фосфоказеином, фосфоказеином с пониженным содержанием кальция, казеином натрия и казеином кальция. По сравнению с первыми двумя образцами обогащение фосфоказеином с пониженным содержанием кальция, казеином натрия и в меньшей степени казеином кальция привело к тому, что в молоке были более высокие доли неседиментационного казеина и кальция, а также более низкие и более высокие значения каппа- и альфа(S1)-казеина соответственно. Полученная информация корреспондировалась с результатами воздействия на эти молочные смеси сычужного фермента. Образцы имели более высокую термостабильность при значении рН, равном 6,7–7,2. Кроме этого, исследования показали, что на агрегационное поведение обогащенных белком образцов молока сильное воздействие оказывает степень минерализации белковой добавки, которая влияет на распределение казеина и кальция в осаждаемой и неседиментируемой фазах. Следует отметить, что представляет практический интерес рациональное комбинирование таких технологических приемов, как предварительная тепловая обработка, добавление соли-стабилизатора и МБК.

Особого внимания заслуживают работы, посвященные изучению термоустойчивости сухого молока в зависимости от режимов температурного воздействия на молоко до сгущения и сушки, которые в свою очередь являются еще одним способом формирования его технологических свойств. В мировой практике для сухого молока установлены тепловые классы на основе отношения разницы содержания общего белка и суммы сывороточных белков к содержанию общего белка при рН = 4,9. Различают следующие классы: сверхнизкий (>6,0 мг/г, режим <70 °С/15 с), низкий (>6,0 мг/г, режим 70 °С/15 с), среднетемпературный (5,9–4,5 мг/г, режим 85–90 °С/20–30 с), выше среднего (4,4–1,5 мг/г, режим 90–124 °С/0–30 с), высокий (<1,4 мг/г, режим 110–135 °С/30 с), сверхвысокий (<1,4 мг/г, режим >135 °С/30 с). Чем ниже температурная обработка исходного молока, тем выше биологическая ценность сухого молока за счет сохранения большего количества физиологически значимых компонентов, в частности сывороточных белков. Знание такого важного технологического показателя сухого молока,

как класс термообработки, позволяет целенаправленно использовать или, наоборот, не применять его для производства определенных видов продукции. Например, использование сухого молока высокого и сверхвысокого теплового класса увеличивает продолжительность сычужного свертывания, изменяет процесс синерезиса, снижает качество получаемых сгустков, что негативно отражается на качестве готового продукта (сыра, творога и др.). Однако такое сухое молоко является хорошим сырьем в производстве питьевых и сгущенных стерилизованных молочных продуктов за счет его повышенной термоустойчивости⁵ (Кобзева и др., 2016).

В этой связи представляют интерес следующие исследования (Sikand et al., 2010; Williams et al., 2008). Для изучения было выбрано сухое обезжиренное молоко с низкой (СОМН) и средней (СОМС) температурой пастеризации нормализованного молока перед сушкой. Состав каждого образца СОМН и СОМС был скорректирован (в сторону понижения) по массовой доле белка соответственно с 35,5 до 34,0 % и с 32,0 до 30,0 % при добавлении к ним порошка лактозы (ПЛ) или порошка пермиата (ПП) посредством сухого смешивания (СОМНсм и СОМСсм). Затем сухие образцы СОМН, СОМС, СОМНсм и СОМСсм восстанавливали до массовой доли сухих веществ 9,0 % и испытывали их термоустойчивость по тепловой пробе при естественном (нескорректированном) значении рН, а также при рН = 6,3–7,0. Термостабильность восстановленных образцов СОМН и СОМНсм была выше, чем у СОМС и СОМСсм. Как правило, пониженная термоустойчивость наблюдалась в восстановленных образцах СОМНсм и СОМСсм, поскольку в них было меньшее содержание белка. Добавление ПЛ к СОМСсм существенно не изменяло его тепловую стабильность. При изменении значения рН от 6,3 к 7,0 на термоустойчивость оказывали воздействие только типы термообработки и добавок, при этом влияние содержания белка не было обнаружено. Максимальная термостабильность была отмечена как при рН = 6,7 в восстановленных образцах СОМН и СОМНсм, так и при рН = 6,6 в СОМС и СОМСсм. Кроме того, для образцов со скорректированным значением рН более высокая термоустойчивость наблюдалась для восстановленного образца СОМНсм, содержащего ПП, по сравнению с аналогичным образцом, содержащим ПЛ. По мнению исследователей, ПП содержит минеральные вещества, которые вызывают дестабилизацию молочной системы во время нагревания, однако он также содержит и непротеиновую фракцию азота, которая может придавать стабильность системе при максимальном нагревании. По результатам анализов сделан вывод, что высокая термоустойчивость восстановленного молока может быть обеспечена за счет применения низкотемпературной обработки нормализованного молока до сушки и добавления к нему ПП.

Кроме получения сухого молока с помощью традиционных методов с использованием типового оборудования для сгущения и сушки рядом ученых предложены различные нестандартные установки и аппараты, позволяющие повысить термоустойчивость молока. Так, разработан способ испарительно-конденсационной обработки молока, предполагающий многократное его вакуумирование при определенном температурном режиме. На первом этапе обработки исходное молоко вакуумируется в режиме конденсации при низкой температуре, на втором (испарительном) этапе, происходящем при температуре пастеризации, идет дополнительное и более глубокое удаление растворенных газов как с поверхности капель, так и газопаровых пузырьков. В результате испарения части жидкости восстанавливается равновесная концентрация сухих веществ по отношению к исходному состоянию молока. Проведенные исследования показали, что термоустойчивость молока повышается на одну-три группы. Прямой зависимости от температуры термообработки (76–108 °С) и начальной кислотности молока обнаружено не было. Также исследовали образцы сырого и сгущенного молока в процессе хранения при температурах 8 и 20 °С. Исходное сырое молоко имело титруемую кислотность 17 °Т и относилось к IV группе термоустойчивости. После 4 ч хранения при 20 °С исходное молоко стало нетермостойким (ниже V группы). После 20 ч хранения при 20 °С пастеризованное (78 °С) и прошедшее обработку молоко имело V группу. Сырое молоко, которое хранилось при 8 °С, через 20 ч не обладало термоустойчивостью, а подвергнутое температурной и испарительно-конденсационной обработке – потеряло устойчивость только на 14 сут (Шурчкова, 2003).

В работе (Королев и др., 2017) описано применение конвейерной сверхвысокочастотной сушильной установки волноводного типа (на бегущих волнах) в технологии сухого молока. Принцип работы установки основан на комплексном воздействии на молоко СВЧ-энергии и конвективного потока горячего воздуха при непрерывном перемешивании и продвижении в рабочем канале, т. е. на различных стадиях процесса осуществляется два механизма сушки (микроволновый и конвективный). Полученные образцы сухого обезжиренного молока и его фитокомпозиций не имели признаков коагуляции молочных белков и обладали высокой степенью растворимости.

Также одним из способов повышения термостабильности молока является применение ионообменных колонн. В ходе исследования (Донская и др., 2006) в качестве наполнения колонн использовали анионообменные смолы АВ-17-8чс. Для регулирования кислотно-солевого состава молока

⁵ Технология производства молочных продуктов. Справочник. URL: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru>.

вместо анионитов загружали в колонны катионит КУ-2-8чс. Было установлено, что титруемая кислотность молока снизилась на 2–6 °Т, термоустойчивость по алкогольной пробе повысилась на 80 %. Обработанное таким способом молоко выдержало тепловую обработку при пастеризации и стерилизации. По мнению авторов, органолептические характеристики молока и его биологическая ценность после прохождения колонны практически не изменяются по сравнению с сырым исходным молоком. Однако при использовании данного способа в производстве сухого молока необходимо учитывать, что в процессе сушки происходит концентрация сухих веществ в 8–10 раз, в связи с чем могут появиться пороки органолептического происхождения.

Для повышения тепловой стабильности сухого молока были проведены испытания с использованием радиочастотного диэлектрического воздействия (РДВ) (*Sanchez et al., 2017*). В эксперименте обработке подвергали сухое обезжиренное молоко, получая продукт с низким (СОМН) и высоким (СОМВ) тепловыми классами. Образцы восстанавливали до массовой доли белка 3,5 % и оценивали их при нескорректированном значении рН, а также находящемся в диапазоне 6,4–7,2. Большую термоустойчивость при рН = 6,4–6,8 показали обработанные с применением РДВ образцы СОМН, чем необработанные. Как предполагали авторы, такая обработка СОМН вызвала ассоциации между сывороточными белками и мицеллами казеина и повышала термостабильность в этой области рН. Данный эффект не наблюдался в образцах СОМВ, что может быть вызвано различными препятствующими воздействиями на белковые фракции, химизм которых подлежит дальнейшему изучению.

Заключение

Применяемые в пищевой промышленности приемы направленного формирования технологических свойств сухого молока (тепловая обработка, внесение солей-стабилизаторов и др.), способствующие повышению его термоустойчивости, доказали свою целесообразность, эффективность и рациональность. Полученное такими способами сухое молоко обладает улучшенными качественными показателями (в том числе при длительном хранении), используется в производстве широкого ассортимента пищевых изделий с целью повышения качества выпускаемой продукции.

Представленный обзор работ отечественных и зарубежных исследователей по повышению термоустойчивости сухого молока способствует расширению знаний и поиску новых подходов в области формирования технологических свойств сухих молочных консервов.

Библиографический список

- Башаева Д. В. Термоустойчивость коровьего молока, ее генетическая и паратипическая изменчивость : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.02.07. Казань, 2010. 23 с.
- Белецкая М. Е., Владимиров А. А., Кригер О. В., Голубцова Ю. В. [и др.]. Влияние сушки на качество сухого молока // Молочная промышленность. 2019. № 6. С. 22–23.
- Галстян А. Г., Петров А. Н. Перспективные способы предварительной термической обработки молока-сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 3. С. 11–13.
- Галстян А. Г., Туровская С. Н., Рябова А. Е., Илларионова Е. Е. [и др.]. Формирование свойств сухого молока путем направленного введения технологических добавок // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. 2019. Т. 4, № 436. С. 95–102. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.102>.
- Геворкян К. А. К вопросу о эффективности технологического потенциала формирования качества сухого молока // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2017. Т. 230, № 2. С. 55–59.
- Голубева Л. В. Технология молочных консервов и заменителей цельного молока. М. : ДеЛи принт, 2005. 376 с.
- Донская Г. А., Бродский Ю. А., Гусев Е. М. Ионообменные колонны для повышения термоустойчивости молока // Переработка молока. 2006. № 1. С. 10–11.
- Кобзева Т. В., Юрова Е. А. Оценка показателей качества и идентификационных характеристик сухого молока // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 32–35.
- Королев А. А., Киякбаева И. В., Шибанкова Л. С., Каневский Б. Л. Применение способа комбинированной микроволновой дегидратации гранулированных лактатных продуктов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд : науч. сб. / под общ. ред. С. Е. Уланина. М. : Галлея-Принт, 2017. Вып. VIII. С. 224–234.
- Кудрявцева Е. Н., Головина А. А. Применение дигидрокверцетина в пищевой промышленности // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 269–271.

- Липатов Н. Н., Харитонов В. Д. Сухое молоко : теория и практика пр-ва. М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. 264 с.
- Туровская С. Н., Галстян А. Г., Петров А. Н., Радаева И. А. [и др.]. Безопасность молочных консервов как интегральный критерий эффективности их технологии. Российский опыт // Пищевые системы. 2018. Т. 1, № 2. С. 29–54. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-2-29-54>.
- Шурчкова Ю. А. Проблемы управления термоустойчивостью молока // Молочная промышленность. 2003. № 11. С. 49–50.
- Юрова Е. А. Методы контроля показателей качества и безопасности в молочной промышленности // Переработка молока. 2017. № 5 (211). С. 41–43.
- Юрова Е. А., Мельденберг Д. Н., Парфенова Е. Ю. Критерии оценки молока-сырья для получения продукта гарантированного качества // Молочная промышленность. 2019. № 4. С. 26–29. DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2019-4-26-28>.
- Crowley S. V., Megemont M., Gazi I. [et al.]. Heat stability of reconstituted milk protein concentrate powders // International Dairy Journal. 2014. Vol. 37, Iss. 2. P. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.03.005>.
- Faka M., Lewis M. J., Grandison A. S. [et al.]. The effect of free Ca²⁺ on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder // International Dairy Journal. 2009. Vol. 19, Iss. 6–7. P. 386–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.12.006>.
- Galstyan A. G., Aksyonova L. M., Lisitsyn A. B., Oganesyants L. A. [et al.]. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. Vol. 89, Iss. 2. P. 211–213. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1019331619020059>.
- Lin Y., Kelly A. L., O'Mahony J. A. [et al.]. Fortification of milk protein content with different dairy protein powders alters its compositional, rennet gelation, heat stability and ethanol stability characteristics // International Dairy Journal. 2016. Vol. 61. P. 220–227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.06.010>.
- On-Nom N., Grandison A. S., Lewis M. J. Heat stability of milk supplemented with calcium chloride // Journal of Dairy Science. 2012. Vol. 95, Iss. 4. P. 1623–1631. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4697>.
- Sanchez A.K., Wang L., Schmidt K. Heat stability of radio frequency dielectric heat treated low heat and high heat nonfat dry milk // International Dairy Journal. 2017. Vol. 74. P. 21–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.05.003>.
- Sikand V., Tong P. S., Walker J. Heat stability of reconstituted, protein-standardized skim milk powders // Journal of Dairy Science. 2010. Vol. 93, Iss. 12. P. 5561–5571. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3128>.
- Singh J., Prakash S., Bhandari B. [et al.]. Comparison of ultra high temperature (UHT) stability of high protein milk dispersions prepared from milk protein concentrate (MPC) and conventional low heat skimmed milk powder (SMP) // Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 246. P. 86–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.11.003>.
- Vyas H. K., Tong P. S. Impact of source and level of calcium fortification on the heat stability of reconstituted skim milk powder // Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87, Iss. 5. P. 1177–1180. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73266-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73266-X).
- Williams R. P. W., D'Ath L., Zisu B. Role of protein aggregation in heat-induced heat stability during milk powder manufacture // Dairy Science & Technology. 2008. Vol. 88, Iss. 1. P. 121–147. DOI: <https://doi.org/10.1051/dst:2007048>.

References

- Bashaeva, D. V. 2010. Thermostability of cow's milk, its genetic and paratypic variability. Abstract of Ph.D. dissertation. Kazan. (In Russ.)
- Beletskaya, M. E., Vladimirov, A. A., Kriger, O. V. Golubtsova, Yu. V. et al. 2019. Effect of drying on the quality of milk powder. *Dairy Industry*, 6, pp. 22–23.
- Galstyan, A. G., Petrov, A. N. 2008. Promising methods of pre-heat treatment of raw milk. *Storage and Processing of Farm Products*, 3, pp. 11–13. (In Russ.)
- Galstyan, A. G., Turovskaya, S. N., Ryabova, A. E., Illarionova, E. E. et al. 2019. Technological additives as an element of dry milk properties directed formation. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technology Sciences*, 4(436), pp. 95–102. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.102>. (In Russ.)
- Gevorkyan, K. A. 2017. On the question of the effectiveness of the technological potential of forming the quality of dry milk. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 230(2), pp. 55–59. (In Russ.)
- Golubeva, L. V. 2005. Technology of canned milk and whole milk substitutes. Moscow, DeLi Plyus Publ. (In Russ.)
- Donskaya, G. A., Brodskii, Yu. A., Gusev, E. M. 2006. Ion exchange columns for increasing the thermal stability of milk. *Pererabotka moloka*, 1, pp. 10–11. (In Russ.)
- Kobzeva, T. V., Yurova, E. A. 2016. Quality indicators evaluation and characteristics identification of dried milk. *Dairy Industry*, 3, pp. 32–35. (In Russ.)

- Koroleva, A. A., Kiyakbaeva, I. V., Shibankova, L. S., Kanevskii, B. L. 2017. Application of the method of combined microwave dehydration of granulated lactate products. In coll. articles *Innovative technologies for production and storage of material assets for state needs*, 8(8), pp. 224–234. (In Russ.)
- Kudryavtseva, E. N., Golovina, A. A. 2018. Application of dihydroquercetin in the food industry. *Aktualnye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo hozyaistva*, 20, pp. 269–271. (In Russ.)
- Lipatov, N. N., Kharitonov, V. D. 1981. Milk powder. Moscow. (In Russ.)
- Turovskaya, S. N., Galstyan, A. G., Petrov, A. N., Radaeva, I. A. et al. 2018. Safety of canned milk as an integrated criterion of their technology effectiveness. Russian experience. *Food systems*, 1(2), pp. 29–54. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-2-29-54>. (In Russ.)
- Shurchkova, Yu. A. 2003. Problems of milk thermal stability management. *Dairy Industry*, 11, pp. 49–50. (In Russ.)
- Yurova, E. A. 2017. Methods for monitoring quality and safety indicators in the dairy industry. *Pererabotka moloka*, 5(211), pp. 41–43. (In Russ.)
- Yurova, E. A., Meldenberg, D. N., Parfenova, E. Yu. 2019. Criteria of the raw milk assessment used to obtain products with guaranteed quality. *Dairy Industry*, 4, pp. 26–29. DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2019-4-26-28>. (In Russ.)
- Crowley, S. V., Megemont, M., Gazi, I. et al. 2014. Heat stability of reconstituted milk protein concentrate powders. *International Dairy Journal*, 37(2), pp. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.03.005>.
- Faka, M., Lewis, M. J., Grandison A. S. et al. 2009. The effect of free Ca²⁺ on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder. *International Dairy Journal*, 19(6–7), pp. 386–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.12.006>.
- Galstyan, A. G., Aksonova, L. M., Lisitsyn, A. B., Oganesyants, L. A. et al. 2019. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 89(2), pp. 211–213. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1019331619020059>.
- Lin, Y., Kelly, A. L., O'Mahony, J. A. et al. 2016. Fortification of milk protein content with different dairy protein powders alters its compositional, rennet gelation, heat stability and ethanol stability characteristics. *International Dairy Journal*, 61, pp. 220–227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.06.010>.
- On-Nom, N., Grandison, A. S., Lewis, M. J. 2012. Heat stability of milk supplemented with calcium chloride. *Journal of Dairy Science*, 95(4), pp. 1623–1631. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4697>.
- Sanchez, A. K., Wang, L., Schmidt, K. 2017. Heat stability of radio frequency dielectric heat treated low heat and high heat nonfat dry milk. *International Dairy Journal*, 74, pp. 21–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.05.003>.
- Sikand, V., Tong, P. S., Walker, J. 2010. Heat stability of reconstituted, protein-standardized skim milk powders. *Journal of Dairy Science*, 93(12), pp. 5561–5571. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3128>.
- Singh, J., Prakash, S., Bhandari, B. et al. 2019. Comparison of ultra high temperature (UHT) stability of high protein milk dispersions prepared from milk protein concentrate (MPC) and conventional low heat skimmed milk powder (SMP). *Journal of Food Engineering*, 246, pp. 86–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.11.003>.
- Vyas, H. K., Tong, P. S. 2004. Impact of source and level of calcium fortification on the heat stability of reconstituted skim milk powder. *Journal of Dairy Science*, 87(5), pp. 1177–1180. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73266-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73266-X).
- Williams, R. P. W., D'Ath, L., Zisu, B. 2008. Role of protein aggregation in heat-induced heat stability during milk powder manufacture. *Dairy Science & Technology*, 88(1), pp. 121–147. DOI: <https://doi.org/10.1051/dst:2007048>.

Сведения об авторах

Радаева Искра Александровна – ул. Люсиновская, 35, корп. 7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник; e-mail: conservlab@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1920-0577>

Iskra A. Radaeva – 35, Lyusinovskaya Str., blok 7, Moscow, Russia, 115093; All-Russian Dairy Research Institute, Dr Sci. (Engineering), Professor, Chief Researcher; e-mail: conservlab@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1920-0577>

Кручинин Александр Геннадьевич – ул. Люсиновская, 35, корп. 7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, канд. техн. наук; e-mail: kruchinin-vnimi@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3227-8133>

Alexandr G. Kruchinin – 35, Lyusinovskaya Str., blok 7, Moscow, Russia, 115093; All-Russian Dairy Research Institute, Cand. Sci. (Engineering); e-mail: kruchinin-vnimi@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3227-8133>

Туровская Светлана Николаевна – ул. Люсиновская, 35, корп. 7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ст. науч. сотрудник; e-mail: conservlab@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5875-9875>

Svetlana N. Turovskaya – 35, Lyusinovskaya Str., blok 7, Moscow, Russia, 115093; All-Russian Dairy Research Institute, Senior Researcher; e-mail: conservlab@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5875-9875>

Илларионова Елена Евгеньевна – ул. Люсиновская, 35, корп. 7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, науч. сотрудник; e-mail: conservlab@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9399-0984>

Elena E. Illarionova – 35, Lyusinovskaya Str., blok 7, Moscow, Russia, 115093; All-Russian Dairy Research Institute, Researcher; e-mail: conservlab@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9399-0984>

Бигаева Алана Владиславовна – ул. Люсиновская, 35, корп. 7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, науч. сотрудник; e-mail: ada14-5@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8400-2465>

Alana V. Bigaeva – 35, Lyusinovskaya Str., blok 7, Moscow, Russia, 115093; All-Russian Dairy Research Institute, Researcher; e-mail: ada14-5@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8400-2465>