

УДК 637.143

О.Г. Кашникова, Д.С. Мягконосков, Е.В. Топникова

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХОГО МОЛОКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

В статье рассматривается значимость сухого молока как функционального ингредиента в пищевой промышленности. Подчеркивается важность выбора сухого молока определенного теплового класса для достижения оптимальных функциональных свойств конечного продукта. Для быстрой и достоверной оценки теплового класса сухого молока предлагается разработанный авторами турбидиметрический метод.

Ключевые слова: *сухое молоко, функциональные свойства, тепловой класс, методы оценки*

Сухое молоко занимает важное место в пищевой промышленности, выполняя несколько значимых функций. Прежде всего, оно обеспечивает надежный способ создания долговременных запасов молочного сырья, позволяя преодолевать сезонные колебания в его производстве. Сухое молоко ходит в перечень пищевой продукции, закладываемой в стратегические государственные запасы. Благодаря длительному сроку хранения сухое молоко становится незаменимым ресурсом для регионов, где доступ к свежей молочной продукции ограничен. Кроме того, благодаря его сухой форме оно более легко транспортируется, не требуя жестких рамок температурных диапазонов. Транспортные расходы на его доставку существенно ниже, чем обычного молока-сырья.

В качестве технологического и рецептурного ингредиента, сухое молоко широко используется в различных отраслях пищевой промышленности. Тем не менее, многие потребители ошибочно считают его ненатуральной или вредной для здоровья добавкой. Это мнение часто ассоциируется с представлением о молочносодержащих продуктах, которые из-за присутствующих физически модифицированных растительных жиров также ошибочно относят к такой продукции. Поскольку у потребителя нет правильного понимания термина «восстановленное молоко», а есть недоверие к этому продукту, отдельные производители пользуются маркетинговыми уловками, указывая на этикетке слова «не содержит сухого молока» как преимущество.

На самом деле, сухое молоко является биологически полноценным пищевым продуктом и сохраняет все полезные свойства натурального молока. Кроме того, сухое молоко выполняет роль составного компонента множества современных пищевых продуктов: плавленые сыры, мороженое, кондитерские изделия, мясные продукты и др., без которых невозможно представить рацион питания современного человека. Оно обладает уникальными функциональными характеристиками, которые способствуют улучшению структуры и текстуры продуктов, регулированию их влажности, усилению вкусовых качеств и повышению пищевой ценности.

Для обеспечения высокого уровня пищевой безопасности и гарантированного качества готовой продукции сухое молоко должно соответствовать строгим нормативным требованиям, включая органолептические, физико-химические и микробиологические показатели в соответствии с ТР ТС 033/2013⁸ и действующим стандартом ГОСТ 33629-2015⁹. Однако в представленном стандарте нет нормирования по содержанию азота денатурированных сывороточных белков. В то же время, другой стандарт – ГОСТ 34255-2017¹⁰ устанавливает требование к концентрации не денатурированного сывороточного белкового азота на уровне не ниже 4,5 мг/г продукта. В белорусском стандарте СТБ 1858-2022 данный показатель также нормируется с разделением по классу термообработки, что позволяет более точно оценивать качество продукции.

Согласно вышеперечисленным стандартам сухое молоко классифицируется на три категории в зависимости от содержания жира: обезжиренное (не более

⁸ Технический регламент Таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»

⁹ ГОСТ 33629-2015 «Молоко сухое. Технические условия»

¹⁰ ГОСТ 34255-2017 «Консервы молочные. Молоко сухое для производства продуктов детского питания»

1,5 %), частично обезжиренное (от 1,5 % до 26 %) и цельное (от 26 % до 41,9 %). Как цельное, так и обезжиренное молоко обладают высокой питательной ценностью и удобством в применении. Цельное сухое молоко благодаря более высокому содержанию жира может иметь лучшие органолептические характеристики, тогда как обезжиренное обеспечивает более легкую усвояемость и меньшую калорийность, что делает его более предпочтительным для диетического питания. Однако между ними существуют некоторые различия, касающиеся сроков хранения. При оптимальных условиях хранения сухое обезжиренное молоко (СОМ) может сохранять свои качества до трёх лет, в то время как сухое цельное молоко (СЦМ) сохраняет вкус и питательные свойства в течение восьми месяцев [1].

Физико-химические показатели молочных консервов играют ключевую роль в определении их качества и области применения в различных отраслях пищевой промышленности. Параметры, такие как плотность и растворимость частиц в воде, непосредственно влияют на выбор конкретного продукта для различных технологических процессов. Кристаллы лактозы, образующиеся в процессе сушки, могут значительно изменять текстуру и вкусовые характеристики готовых кондитерских изделий [2]. Не менее важными являются белковые компоненты - казеин и сывороточные белки, которые активно участвуют в формировании текстуры конечного продукта. Содержание жира в молочных консервах определяет их кремовую консистенцию и вкусовые качества, делая продукт более привлекательным для потребителей. Кислотность также является важным параметром, который влияет не только на текстуру и вкус, но и, в конечном итоге, на питательную ценность готовой продукции [3].

При выборе сухого молока для производства различных продуктов необходимо учитывать не только содержание жира и белка, но и такие физические характеристики, как размер частиц, плотность, текучесть, растворимость, активность воды. Различия в свойствах сухого молока, выпускаемого разными производителями, связано с различиями в свойствах молока-сырья, в параметрах технологических операций подготовки к высушиванию и сушки молока, оказывающими влияние на ход химических реакций, происходящих в процессе производства. В ходе этого процесса происходят необратимые изменения, такие как денатурация белков и их взаимодействие с липидами и углеводами, а также образование продуктов реакции Майяра [4]. Для достижения оптимального результата в конечном продукте крайне важно, чтобы производители учитывали влияние технологических режимов производства сухого молока на качество и свойства этого продукта.

Соблюдение правильных температурно-временных режимов в процессе производства сухого цельного молока позволяет сохранить такую функциональную характеристику, как эмульгирующая способность. Это свойство особенно ценится производителями молочного шоколада, т.к. с ним связано обеспечение однородной и стабильной текстуры продукта, необходимой для длительного хранения [5]. Другой характеристикой, важной при производстве шоколада, является количество свободного жира, содержащегося в сухом молоке. СЦМ, которое содержит большое количество свободного жира или жир, легко поддающийся экстрагированию и всту-

пающий напрямую во взаимодействие с какао-маслом в шоколаде, способствует снижению вязкости продукта, что облегчает его обработку [3].

Для создания особого сорта СЦМ с высоким уровнем содержания свободных жиров применяется метод сушки на специальных барабанах. В процессе сушки происходит отделение свободных жиров, которые формируют ароматические соединения. Эти соединения придают молочному жиру насыщенный вкус топленого масла, что делает его идеальным ингредиентом для использования в производстве шоколадных изделий [6]. Вместе с тем, вследствие повышенного содержания свободного жира такое сухое молоко может иметь более короткий срок годности.

Сухое цельное молоко также используют в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, молочных продуктов, продуктов быстрого приготовления. Функциональные свойства сухого молока, необходимые для этих продуктов, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Функциональные свойства СЦМ для пищевой промышленности [7]

Применения в пищевой промышленности	Функциональные свойства	Влияние на свойства продукта
Кондитерское производство: шоколад, карамель, ириски, кремовые начинки, глазурь.	Тепловая устойчивость, водосвязывающая, эмульгирующая способность, наличие большого количества продуктов реакции Майяра, имеющих выраженный вкус и аромат.	Улучшает вкус и текстуру, обеспечивает устойчивость и кремовую консистенцию.
Хлебобулочные изделия: кексы, печенья, булочки.	Вязкость, водосвязывающая способность, эмульгирующая способность.	Улучшает вкус, текстуру и цвет выпечки, способствует эмульгированию и повышает стабильность теста.
Молочные продукты: йогурты, мороженое, плавленый сыр и крем-сыр.	Вязкость, эмульгирующая способность, привкус пастеризации.	Повышение молочного вкуса и улучшение текстуры.
Продукты быстрого приготовления: капучино, горячий шоколад.	Вязкость, водосвязывающая, пенообразующая способность.	Получение кремовой пенки и насыщенного вкуса.

При выборе сухого обезжиренного молока для пищевых производств важно учитывать его тепловой класс, которая зависит от выбранных режимов температурного воздействия на молоко перед процессами сгущения и сушки, что в свою очередь определяет его тепловой класс. В мировой практике в качестве критерия принадлежности СОМ к определенному тепловому классу используют показатель «индекс азота сывороточного белка» (whey protein nitrogen index – WPNI), выражаемый в количестве миллиграмм азота неденатурированных сывороточных белков в одном грамме порошка сухого молока. В табл. 2 приведены показатели класса тепловой обработки СОМ согласно зарубежной классификации [8].

Таблица 2

Показатели теплового класса С0М

Тепловой класс	Режим тепловой обработки молока	Содержание азота растворимых сывороточных белков, мг/г порошка (WPNI)
Сверхнизкий	<70 °С/15 с	>6,0 мг/г
Низкий	70 °С/15 с	
Средний	85–90 °С/20–30 с	5,9–4,5 мг/г
Выше среднего	90–124 °С/0–30 с	4,4–1,5 мг/г
Высокий	110–135 °С/30 с	<1,4 мг/г
Сверхвысокий	>135 °С/30 с	

Тепловой класс С0М является полезным инструментом для оценки его функциональных свойств. При более низкой температурной обработке молока в наибольшей степени сохраняется биологическая ценность сухого молока, т.к. неповрежденными остается большее количество физиологически активных компонентов, включая витамины, хелатированный кальций и растворимые сывороточные белки [2]. Понимание такого важного показателя, как тепловой класс сухого молока, является ключевым технологическим аспектом, который позволяет целенаправленно применять его в производстве одних продуктов и избегать его использования в производстве других продуктов. Например, применение сухого молока высокого и сверхвысокого теплового класса для изготовления творога или сыров вызывает увеличение продолжительности свертывания, нарушает процесс синерезиса, что приводит к снижению качества образующихся сгустков и повышению потерь сухих веществ молока в сыворотку. [9]. В то же время такое сухое молоко является отличным сырьем для производства питьевых и сгущенных стерилизованных молочных продуктов благодаря своей повышенной термоустойчивости. Кроме того, в производстве мясных изделий оно помогает стабилизировать консистенцию за счет своей высокой влагосвязывающей способности, что повышает упругость изделий, а снижение доли свободной влаги в продукте замедляет процессы микробиологической порчи и способствует повышению срока годности [10].

Сухое обезжиренное молоко среднего теплового класса представляет собой многофункциональный продукт, обладающий рядом полезных характеристик. Оно имеет высокую растворимость, обеспечивает эффективное связывание воды, улучшая структуру продукта. Благодаря своим эмульгирующим и пенообразующим свойствам такое сухое молоко идеально подходит для использования в составе мороженого, шоколада, кремов, поскольку эти технологические параметры являются базовым условием и основой получения данного вида продукта [5, 8]. В табл. 3 представлен рекомендуемый тепловой класс для конкретных продуктов с необходимыми функциональными свойствами.

Таблица 3

Функциональные свойства СОМ по тепловому классу

Продукты	Рекомендуемый тепловой класс	Функциональные свойства
Молочные продукты		
Восстановленное молоко	Низкий или средний	Высокая растворимость, натуральный вкус
Кисломолочные напитки	Низкий	Сохранение белковой структуры, чистый вкус
Сыры и творог	Низкий	Оптимальный выход сгустка, умеренная денатурация белков, оптимальный баланс растворимости и термоустойчивости
Мороженое	Средний	Способность к пенообразованию, водосвязывающая и эмульгирующая способность
Йогурт	Высокий	Лучшая связываемость влаги, усиление прочности и вязкости сгустка
Сгущенное молоко	Высокий	Устойчивость к длительной термообработке, лучшая связываемость влаги
Кондитерские и хлебобулочные изделия		
Печенье и бисквиты	Средний или высокий	Лучшая связываемость влаги, усиление аромата
Хлебобулочные изделия	Средний	Улучшение пористости и мягкости
Шоколад и глазури	Высокий	Устойчивость к высоким температурам, улучшение текстуры, эмульгирующая способность
Мясные изделия		
Колбаса, паштет	Высокий	Повышение влагосвязывающей способности, упругости, стабилизирует консистенцию, за счет снижения выделения свободной влаги достигается повышение срока годности

Современные технологии позволяют производить сухие молочные продукты с конкретными заданными свойствами, однако для их успешного применения в пищевом производстве требуется обязательный контроль теплового класса.

В действующей в России нормативной документации отсутствует градация молока по тепловым классам и отсутствуют требования к маркировке сухого молока по тепловому классу. Поэтому, существует необходимость в использовании методов контроля теплового класса сухого молока. Эти методы основываются на определении содержания термочувствительных компонентов, таких как ферменты, витамины и белки, а также на определении наличия химических соединений, возникающих в результате термической обработки, например, продуктов реакции Майяра [11].

Методы оценки тепловой нагрузки на основе содержания термолабильных сывороточных белков предлагают множество подходов, соответствующих требованиям по точности, стоимости и времени анализа. Традиционно для определения белка в молочной сыворотке используется метод Къельдаля, который обеспечивает высокую точность, не зависящую от содержания жира и других веществ, но требует

много времени и дорогостоящего оборудования. Для быстрого определения содержания водорастворимых белков можно применять альтернативные экспрессные методы, такие как спектрофотометрия, колориметрия с использованием специфических красителей и иммуоферментный анализ (ИФА), основанный на реакции антител с белками сыворотки.

Данные методы, несмотря на свою точность, имеют существенные ограничения для применения в производственных условиях, где критически важны скорость, простота и экономичность анализа.

Во ВНИИМС разработан модифицированный вариант турбидиметрического метода (метод Harland & Ashworth), сочетающий в себе минимальные временные затраты и простоту исполнения, что делает возможным быстро оценивать интенсивность тепловой нагрузки сухого молока. Метод основан на измерении концентрации сывороточных белков и позволяет определить тепловой класс сухого молока, что помогает предсказать его влияние на качество конечного продукта. Благодаря скорости и простоте выполнения турбидиметрический метод может быть использован в производственных лабораториях, позволяя оперативно контролировать параметры качества на всех этапах [12].

Использование сухого молока в качестве ингредиента пищевых продуктов дает производителю множество преимуществ. Правильный выбор типа сухого молока, обладающего необходимыми функциональными свойствами, повышает биологическую и питательную ценность продукта, способствует снижению себестоимости производства и повышению сроков годности. Это дает возможность не только соответствовать высоким стандартам качества, но и удовлетворять растущие требования потребителей к безопасным и вкусным продуктам. Развитие технологий и методов контроля качества сухого молока будет способствовать улучшению его функциональных свойств и увеличению спектра его применения в пищевой промышленности.

Список использованной литературы:

1. **Рябова, А.Е.** Актуализация сроков годности и условий хранения молочных консервов: изменения в действующие инструкции / А.Е. Рябова, А.Н. Петров, Н.С. Пряничникова // Переработка молока. 2022. № 8. С. 37. <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2023-8-37>; <https://elibrary.ru/zszhoy>
2. **Кобзева, Т.В.** Оценка показателей качества и идентификационных характеристик сухого молока / Т.В. Кобзева, Е.А. Юрова // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 32–35. <https://elibrary.ru/vmbqqd>
3. U.S. Dairy Export Council. (2018) Reference Manual for U. S. Milk Powders and Microfiltered Ingredients. Retrieved from https://www.thinkusadairy.org/assets/documents/Custom%20Site/C3-Using%20Dairy/C3.7-Resources%20and%20Insights/02-Product%20Resources/USD5163-US-Milk-Powders_LIVE_Web.pdf Accessed December 20, 2023
4. **Anema, S.G.** The whey proteins in milk: Thermal denaturation, physical interactions, and effects on the functional properties of milk / S. G. Anema // Milk proteins, 2020. – P. 325–384. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00009-8>
5. **Sharma, A.** Functionality of Milk Powders and Milk-Based Powders for End Use Applications – A Review / A. Sharma, A.H. Jana, R.S. Chavan // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2012. Vol. 11, Iss. 5. P. 518–528. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00199.x>

6. **Keçeci, S.** Qualitative and quantitative detection of milk powder in UHT and pasteurised milk / Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü. 2013. [Электронный ресурс]. – URL: <https://voices.uchicago.edu/abas/files/2020/03/342800.pdf> (дата обращения 10.05.2024)
7. **Kelly, A.L.** Manufacture and Properties of Milk Powders. Ch. 3 in book: Advanced Dairy Chemistry Volume 1: Proteins, 3rd edn. Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, Kluwer Academic/Plenum Publishers / A.L. Kelly, J.E O'Connell, P.F. Fox, // Bulletin_of_IDF_B516_Heat_Treatment_of_Milk. 2003. P. 1027–1061.
8. **Кручинин, А.Г.** Роль технологических свойств сухого молока в формировании качества пищевых систем / А.Г. Кручинин, Е.Е. Илларионова, А.В. Бигаева, С.Н. Туровская // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8 (161). С. 166–173. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-166-173>; <https://elibrary.ru/ogxczcg>
9. **Радаева, И.А.** Формирование технологических свойств сухого молока / И.А. Радаева, А.Г. Кручинин, С.Н. Туровская, Е.Е. Илларионова, А.В. Бигаева // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2020. Т. 23. № 3. С. 280–290. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2020-23-3-280-290>
10. **Плотников, Д.А.** Анализ влияния дополнительных белков в рецептуре мясных продуктов на потребительские свойства мясной гастрономии / Д.А. Плотников, О.В. Рявкин, О.Н. Сороколетов // Пищевая индустрия. 2018. № 1 (35). С. 34–36. <https://elibrary.ru/yppdmx>
11. **Van den Oever, S.P.** Analytical assessment of the intensity of heat treatment of milk and dairy products / S.P. Van den Oever, H.K. Mayer // International Dairy Journal. 2021. 121. Article 105097. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105097>
12. **Мягконосков, Д.С.** Использование турбидиметрии для оценки тепловой нагрузки при пастеризации молока / Д.С. Мягконосков, Е.В. Топникова, Д.В. Абрамов, О.Г. Кашникова // Пищевые системы. 2024. 7(1), 105–113. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-105-113>