



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 637.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.002



ГЛЮКОНО-ДЕЛЬТА-ЛАКТОН В ТЕХНОЛОГИИ СЫРОДЕЛИЯ

Ольга Николаевна Мусина ¹, Дарья Андреевна Усатюк ²,
Нина Ивановна Бондаренко ³

^{1,2,3} ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий», г. Барнаул, Россия

¹ musinaolga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

² d_usatyuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

³ bni-22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

Аннотация. Изучена возможность применения в технологии сыроделия в качестве органического подкислителя глюконо-дельта-лактона. Глюконо-дельта-лактон (ГДЛ, E575) – это внутренний эфир глюконовой кислоты. В молочной смеси, как и в воде, ГДЛ медленно гидролизуеться, высвобождая глюконовую кислоту. В результате данной реакции активная кислотность среды снижается.

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния сухого ГДЛ на динамику активной кислотности молочных смесей разной жирности.

Установлено, что при внесении глюконо-дельта-лактона в сухом виде в молочные смеси он гидролизуеться медленно, при этом наибольшее снижение активной кислотности отмечено в первый час после внесения.

Научно обоснованы рациональные дозировки сухой формы ГДЛ для использования в технологии сыра с комбинированным подкислением и чеддеризацией сырной массы. Дозировки органического подкислителя апробированы в процессе получения экспериментальных образцов полутвердого сыра. Изучена активная кислотность, выход и органолептические показатели полученных образцов сыра.

Использование в качестве органического подкислителя сухого глюконо-дельта-лактона является перспективным направлением в технологии сыров типа чеддер. Использование ГДЛ методом комбинированного подкисления (совместно с бактериальной закваской) позволяет получать сыры постоянного качества и прогнозируемой активной кислотности, что актуально в сырах с чеддеризацией сырной массы.

Ключевые слова: технология, сыр, глюконо-дельта-лактон, органическое подкисление, глюконовая кислота, активная кислотность, динамика, доза, молочная смесь.

Для цитирования: Мусина О. Н., Усатюк Д. А., Бондаренко Н. И. Глюконо-дельта-лактон в технологии сыроделия // Ползуновский вестник. 2024. № 1, С. 15–20. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.002. EDN: <https://elibrary.ru/QUBBTS>.

Original article

GLUCONO-DELTA-LACTONE IN CHEESE-MAKING TECHNOLOGY

Olga N. Musina ¹, Daria A. Usatyuk ², Nina I. Bondarenko ³

^{1,2,3} Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia

¹ musinaolga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

² d_usatyuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

³ bni-22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

Abstract. The possibility of using glucono-delta-lactone as an organic acidifier in cheese-making technology has been studied. Glucono-delta-lactone (GDL, E575) is the internal ester of gluconic acid. In the milk mixture, as in water, GDL is slowly hydrolyzed, releasing gluconic acid. As a result of this reaction, the active acidity of the medium decreases.

© Мусина О. Н., Усатюк Д. А., Бондаренко Н. И., 2024

The article presents the results of studies on the effect of GDL powder on the dynamics of the active acidity of milk mixtures of different fat content with the interpretation of the results obtained.

It was found that when glucono-delta-lactone is added in dry form to milk mixtures, it is slowly hydrolyzed, while the greatest decrease in active acidity was noted in the first hour of acidification.

The optimal doses of dry GDL necessary for the production of cheese with combined acidification and cheddar cheese mass have been determined.

The technology of obtaining experimental samples of semi-hard cheese using selected doses of organic acidifier has been implemented. The active acidity, yield and organoleptic characteristics of the obtained cheese samples were determined.

The use of dry glucono-delta-lactone as an organic acidifier is promising in the technology of Cheddar type cheeses, and as part of combined acidification together with bacterial starter culture, it will allow to obtain cheeses of constant quality and predicted active acidity, which is relevant in cheeses with cheddar cheese mass.

Keywords: *technology, cheese, glucono-delta-lactone, organic acidification, gluconic acid, active acidity, dynamics, dose, milk mixture.*

Forcitation: Musina, O.N., Usatiuk, D.A. & Bondarenko, N.I. (2024). Glucono-delta-lactone in cheese-making technology. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 15-20. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.01.002. EDN: <https://elibrary.ru/QUBBTS>.

ВВЕДЕНИЕ

Сотрудниками лаборатории научно-прикладных и технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА в рамках научно-исследовательской работы № 0534-2021-0010 «Повышение эффективности переработки молока, создании технологий новых сыров и другой безопасной и качественной ферментированной продукции на основе современных достижений техники, технологии, биохимии и микробиологии» ведется поиск приемов, позволяющих оптимизировать технологию получения сыров типа чеддер, а также их отработка на примере полутвердого сыра со специальной обработкой сырной массы после формирования и дробным созреванием.

В процессе осуществления НИР была проведена серия исследований и экспериментальных выработок, направленных на изучение влияния технологических параметров и ингредиентов, в том числе глюконодельта-лактона, на качество и свойства сыра.

Целевая технология предполагает получение сыра [1, 2], по своим свойствам являющимся полным аналогом классического сыра чеддер, но полученного по ускоренной и упрощенной технологии путем применения сычужно-кислотного типа свертывания нормализованной молочной смеси с применением процесса комбинированного подкисления (при помощи органического подкислителя и бактериальной закваски) до определенного значения активной кислотности с последующим свертыванием, обработкой и постановкой сырного зерна, получением сырной головки, которая в дальнейшем подвергается тепловому воздействию для осуществления процесса чеддеризации.

В качестве органического подкислителя,

с учетом предыдущих научно-исследовательских работ, выбран глюконо-дельта-лактон (ГДЛ) [3]. Глюконо-дельта-лактон (E575) – белый кристаллический порошок, легко растворяется в воде, практически без запаха и вкуса. Нетоксичен и полностью метаболизируется в организме по типу углеводов. При внесении сухого ГДЛ в воду он быстро растворяется в ней и преобразуется в глюконовую кислоту [4]. Глюконовая кислота является органической, содержится в растениях, фруктах и других продуктах питания. В разрабатываемой технологии принято решение использовать ГДЛ в сухом виде. После внесения порошка ГДЛ в молочную среду он медленно гидролизует до глюконовой кислоты, что, в свою очередь, приводит к равномерному подкислению молока по типу молочнокислого брожения [5–6]. Скорость гидролиза ГДЛ в глюконовую кислоту зависит только от его количества и температуры. Отличительная особенность глюконовой кислоты от других органических кислот состоит в способности подкисления молочной основы без микрофлокуляции казеина, что очень важно при дальнейшей постановке сырного зерна, так как оказывает прямое влияние на количество потерь сухого вещества молока в виде сырной пыли с отделяемой сывороткой [7–8].

МЕТОДЫ

Все исследования проводились на коровьем молоке, соответствующем требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». Нормализация цельного молока до необходимой массовой доли жира осуществлялась обезжиренным молоком, соответствующим требованиям ГОСТ

31658-2012 «Молоко обезжиренное-сырье. Технические условия».

В качестве органического подкислителя использовалась пищевая добавка E575: глюконо-дельта-лактон торговой марки «Fooding Group Limited» (Китай), соответствующая требованиям технических регламентов ТР ТС 021/2011, ТР ТС 029/2012.

Экспериментальные выработки образцов сыра с органическим подкислением проводились в полуавтоматической мини-сыроварне МСЭМ-40 NEW на 40 л (Россия).

Для сычужного свёртывания использовали сухой сычужно-говяжий фермент СГ-50 производства «Московского завода сычужных ферментов», содержащий химозин и говяжий пепсин в соотношении 50 : 50, а также кальций хлористый E509 по ТУ 2162-004-07623164.

Активную кислотность измеряли портативным рН-метром марки «Testo 205» с погрешностью $\pm 0,2$ рН, номер в Госреестре средств измерений РФ ФГИС АРШИН 30759-05 (компания «Testo», головной офис расположен в Германии).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения серий экспериментов было изучено влияние сухого ГДЛ в количестве от 1 до 8 кг/т с шагом 1 на изменение активной кислотности молочной смеси. В качестве молочной смеси использовали пастеризованное при температуре 75 °С нормализованное коровье молоко с градацией по жиру от 2,0 до 3,2 % с шагом 0,4. Динамика активной кислотности (рН) замерялась при постоянной температуре 32 °С. Таким образом, соблюдены основные параметры подготовки молока к сычужному свертыванию в технологии классического сыроварения.

На рисунках 1–4 представлена динамика рН при разной дозе ГДЛ во времени.

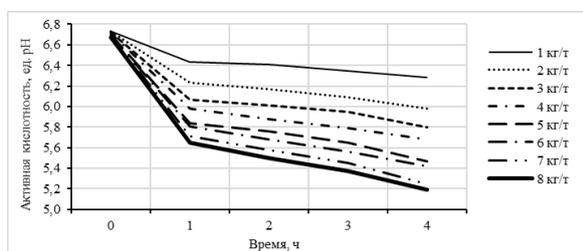


Рисунок 1 – Динамика активной кислотности молочной смеси жирностью 2,0 % в зависимости от дозы сухого ГДЛ

Figure 1 – Dynamics of the active acidity of the milk mixture with a fat content of 2,0% depending on the dose of dry GDL

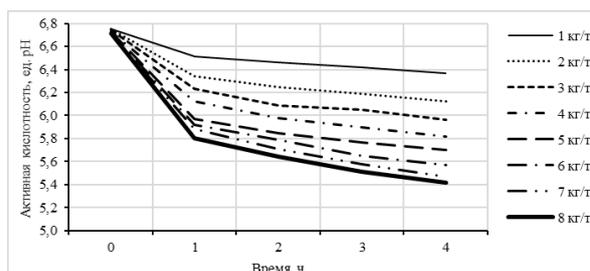


Рисунок 2 – Динамика активной кислотности молочной смеси жирностью 2,4 % в зависимости от дозы сухого ГДЛ

Figure 2 – Dynamics of the active acidity of the milk mixture with a fat content of 2.4% depending on the dose of dry GDL

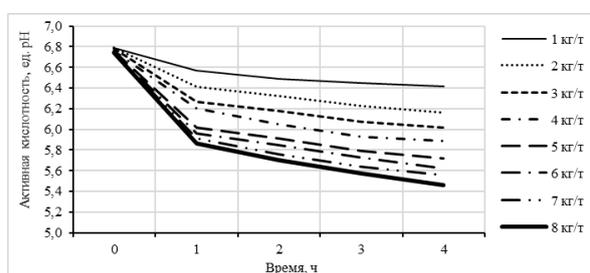


Рисунок 3 – Динамика активной кислотности молочной смеси жирностью 2,8 % в зависимости от дозы сухого ГДЛ

Figure 3 – Dynamics of the active acidity of the milk mixture with a fat content of 2.8% depending on the dose of dry GDL

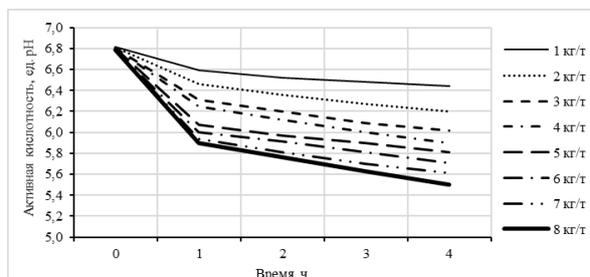


Рисунок 4 – Динамика активной кислотности молочной смеси жирностью 3,2 % в зависимости от дозы сухого ГДЛ

Figure 4 – Dynamics of the active acidity of the milk mixture with a fat content of 3.2% depending on the dose of dry GDL

Динамика снижения активной кислотности во всех случаях (рис. 1–4) имела схожий характер. Наибольшая скорость снижения рН отмечена в течение первых 60 минут после внесения расчетного количества сухого ГДЛ. Далее активная кислотность снижалась с меньшей скоростью. Отмечено, что чем больше доза ГДЛ, тем быстрее падала активная кислотность и ниже конечное значение рН. Активное снижение рН в первые 60 минут

ориентировано как раз на технологию сыроварения, где основные процессы получения сгустка и сырного зерна осуществляются в первый час технологического процесса.

На рисунке 5 представлены числовые значения активной кислотности молочных смесей разной жирности в первый час закисления в зависимости от дозы ГДЛ для наглядного представления влияния органического подкислителя на pH смесей разной жирности.

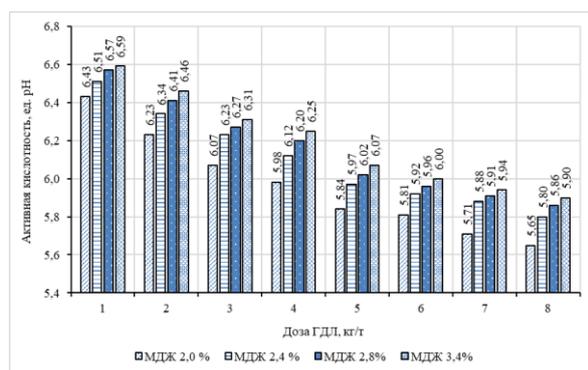


Рисунок 5 – Зависимость активной кислотности от дозы порошка ГДЛ смесей разной жирности в первый час закисления

Figure 5 – Dependence of active acidity on the dose of GDL powder of mixtures of different fat content in the first hour of acidification

По графику, представленному на рисунке 5, можно сделать вывод о значительном влиянии дозы подкислителя и менее значительном влиянии жирности нормализованной молочной смеси на ее конечный pH по истечении процесса закисления.

По полученным данным можно сделать выбор в пользу определенной дозы ГДЛ, основываясь на требованиях той технологии, в рамках которой будет использовано органическое подкисление. Для получения ярко-выраженного кислomолочного вкуса необходимы значительные дозы ГДЛ от 6 кг/т и выше, а для возможного комбинирования органического подкисления с бактериальным доза ГДЛ не должна превышать 4 кг/т, но и этот выбор дозы ГДЛ будет зависеть от особенностей используемой бактериальной закваски и ее активности. Также при выборе дозы ГДЛ в технологии сыроварения необходимо учитывать влияние температуры второго нагревания (если она используется в технологии) на дальнейшее снижение активной кислотности сырного зерна и сыворопки в сыродельной ванне.

В разрабатываемой технологии сыра с перспективой комбинированного подкисления оптимальное количество ГДЛ определено в количестве 1–3 кг/т.

Дальнейшая задача состояла в изучении

влияния ГДЛ без закваски на ход технологического процесса получения разрабатываемого сыра, его активную кислотность, выход по массе и органолептические показатели. Для выполнения поставленных задач была реализована технология получения полутвердого сыра типа чеддер с выбранными дозами ГДЛ (1, 2 и 3 кг/т с шагом 1).

Экспериментальные образцы сыра были получены путем кислотно-сычужного свертывания. Глюконо-дельта-лактон вносили в пастеризованную и охлажденную до температуры сквашивания 32 °С нормализованную молочную смесь жирностью 2,0 %, 2,4 % и 2,8 %. (без использования заквасочной микрофлоры). После внесения расчетного количества ГДЛ вносили кальций хлористый из расчета не более 20 г на 100 кг смеси. Затем при тщательном перемешивании вносился сычужный фермент в количестве, необходимом для получения сгустка нормальной плотности в течение от 30 до 40 минут (согласно его активности). Далее получали сгусток, который разрезали, обрабатывали, затем ставили сырное зерно, формовали сырные головки, которые после самопрессования подвергали тепловому воздействию для осуществления процесса чеддеризации.

На рисунке 6 представлена зависимость активной кислотности готовых к разрезке сгустков различной жирности в зависимости от дозы ГДЛ.

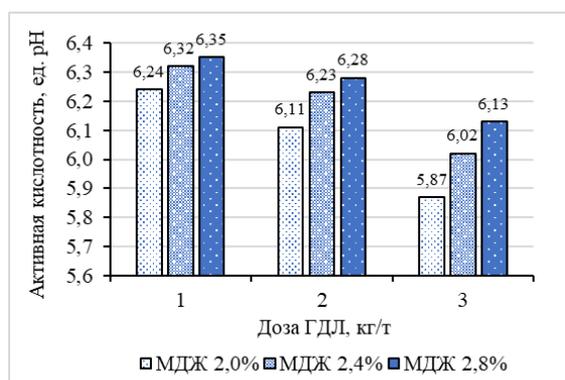


Рисунок 6 – Зависимость активной кислотности готовых сгустков от дозы ГДЛ

Figure 6 – Dependence of the active acidity of the finished curds on the dose of GDL

Из представленного графика (рис. 6) можно сделать вывод о том, что чем меньше жирность молочной смеси, тем ниже активная кислотность готового к разрезке сгустка. И чем больше доза сухого ГДЛ, тем более низкий pH. При дозе ГДЛ 1 кг/т активная кислотность готовых сгустков различной жирности

находится примерно на одном уровне с небольшой разницей в сотые доли.

На рисунке 7 представлен график зависимости выхода сыра от дозы ГДЛ, выработанного из молочной смеси разной жирности с органическим подкислением.

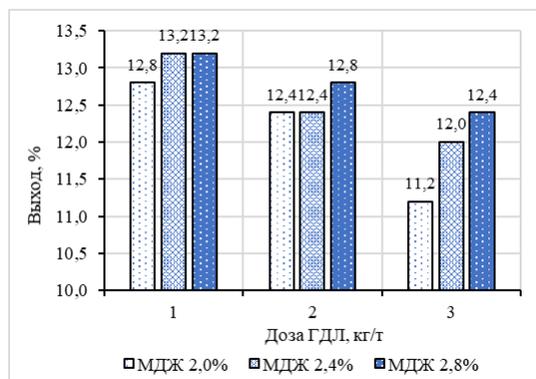


Рисунок 7 – Зависимость выхода сыра от дозы ГДЛ из молока разной жирности

Figure 7 – Dependence of the cheese yield on the dose of GDL from milk of different fat content

Как видно из графика на рисунке 7, наибольшие выходы отмечены в образцах с дозой ГДЛ 1 и 2 кг/т, и чем выше жирность используемой для сквашивания молочной смеси, тем больше выход. По органолептическим показателям образцы с дозой ГДЛ 1 и 2 кг/т отличались чистым кисломолочным вкусом без выраженных ноток кислоты, которые были отмечены в образцах с дозой ГДЛ 3 кг/т. Консистенция всех образцов была однородной, без больших пустот, слоистой. Образцы с дозой ГДЛ 3 кг/т отличались большей плотностью, твердостью и крошливостью.

На рисунке 8 представлен экспериментальный образец сыра в разрезе, сыр получен с использованием подкисления ГДЛ в дозировке 2 кг/т.

Очевидно (рис. 8), что применение в качестве подкислителя ГДЛ позволяет получить однородную связную сырную массу, легко поддающуюся процессу чеддеризации, и всё это благодаря специфичности действия ГДЛ как разрыхлителя и стабилизатора.

Для дальнейшего изучения возможности создания технологии сыра типа Чеддер с комбинированным подкислением, с учетом полученных результатов вышеприведенных исследований, рекомендована дозировка ГДЛ от 1 до 2 кг/т. Активная кислотность сыра после охлаждения при выбранной дозе ГДЛ составит от 6,18 до 6,08 ед. рН. Как известно, при рН выше 5,8 волокнистая структура сыра не может быть сформирована даже под воздействием давления, деформации и темпе-

ратуры. Поэтому для проведения процесса чеддеризации в разрабатываемой технологии необходимо предусмотреть дополнительное внесение бактериальной закваски.



Рисунок 8 – Экспериментальный образец сыра
Figure 8 – An experimental cheese sample

ВЫВОДЫ

Изучена возможность использования в сычужно-кислотном типе свертывания в качестве органического подкислителя глюконо-дельта-лактона. Исследовано влияние органического подкислителя на динамику активной кислотности молочных смесей в первый час закисления, что является критическим моментом в любой технологии получения сыра.

Установлена оптимальная доза сухого ГДЛ в технологии получения полутвердого сыра типа чеддер – от 1 до 2 кг/т. Получены экспериментальные образцы сыра, определены его органолептические показатели, активная кислотность и выход.

Установлена перспективность использования ГДЛ совместно с бактериальной закваской в дальнейшем комбинированном подкислении с целью получения сыров стабильного качества и оптимальной активной кислотностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусина О.Н. Разработка ускоренной технологии сливочного сыра с комбинированным подкислением / О.Н. Мусина, Н.И. Бондаренко, Д.А. Усатюк // Индустрия питания. 2023. Т. 8, № 1. С. 26–31. DOI 10.29141/2500-1922-2023-8-1-3. EDN BVDEFV.
2. Мусина О.Н. Комбинированное подкисление в технологии кисломолочного сыра / О.Н. Мусина, Н.И. Бондаренко, Д.А. Усатюк // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 15–19. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.002. EDN QPXPXX.
3. Глюконо Дельта Лактон (ГДЛ) – орион продукт. – URL : <https://orion-food.com/gdl.html> (дата обращения: 23.01.2024).
4. ГЛЮКОНО ДЕЛЬТА-ЛАКТОН – Ataman Kimya. URL: https://atamanchemicals.com/glucono-delta-lactone_u26291/?lang=RU (дата обращения: 23.01.2024).
5. Parke S.A. Tastes, structure and solution

properties of D-Glucono-1,5-lactone / S.A. Parke, G.G. Birch, D.B. MacDougall, D.A. Stevens // *Chemical Senses*, 1997. Vol. 22, № 1. P. 53–65.

6. Мироненко И.М. Использование глюконо-δ-лактона как подкисляющего агента / И.М. Мироненко, А.И. Яшкин // *Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока*. Том Выпуск 11. Барнаул : АЗБУКА, 2014. С. 40–45. EDNZYPTD.

7. Усатюк Д.А. Прямое подкисление в технологии сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы // *Научные исследования молодых ученых для АПК Сибири, Дальнего Востока и Казахстана : сб. региональной научно-практической конференции с международным участием (г. Барнаул, пос. Научный городок, 35, 19 июля 2019 г.) / ООО «АЗБУКА», 2019. С. 160–162.*

8. Долгорукова М.В. Применение глюконо-δ-лактона в технологии мягкого сыра / М.В. Долгорукова, Т.В. Кабанова // *Сыроделие и маслоделие*. 2020. № 6. С. 39–41. DOI 10.31515/2073-4018-2020-6-39-41. EDN YVQPIY.

Информация об авторах

О. Н. Мусина – д-р техн. наук, гл. науч. сотр., руководитель «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (ФАНЦА).

Д. А. Усатюк – науч. сотр. лаб. научно-прикладных технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.

Н. И. Бондаренко – зав. лаб. научно-прикладных и технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.

REFERENCES

1. Musina, O.N., Bondarenko, N.I. & Usatiuk, D.A. (2023). Development of accelerated technology of cream cheese with combined. *Food industry*. 8 (1). 26-31. DOI 10.29141/2500-1922-2023-8-1-3. EDN BVDEFV (In Russ.).

2. Musina, O.N., Bondarenko, N.I. & Usatiuk, D.A. (2023). Combined acidification in the technology of fermented milk cheese. *Polzunovskiy vestnik*. (115-19). DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.002. EDN QPXPPX. (In Russ.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 29 мая 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 05 марта 2024.

The article was received by the editorial board on 29 May 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 05 Mar 2024.

3. Glucono Delta Lactone (GDL) is an orion product (2024). Retrieved from <https://orion-food.com/gdl.html>. (In Russ.).

4. GLUCONO DELTA-LACTONE - Ataman Kimya (2024). Retrieved from https://atamanchemicals.com/glucono-delta-lactone_u26291/?lang=RU (In Russ.).

5. Parke, S.A., Birch, G.G., MacDougall, D.B. & Stevens, D.A. (1997). Tastes, structure and solution properties of D-Glucono-1,5-lactone. *Chemical Senses*, 22(1). 53-65.

6. Mironenko, I.M. & Yashkin, A.I. (2014). The use of glucon-δ-lactone as an acidifying. Actual problems of technology and technology of milk processing. (11). Barnaul : AZBUKA, 40-45. EDN ZYPTD. (In Russ.).

7. Usatiuk, D.A. (2019). Direct acidification in cheese technology with cheddar and thermomechanical processing of cheese mass. Scientific research of young scientists for the agro-industrial complex of Siberia, the Far East and Kazakhstan : Collection of a regional scientific and practical conference with international participation (Barnaul, village Scientific town, 35, July 19, 2019). AZBUKA LLC, 160-162. (In Russ.).

8. Dolgorukova, M.V. & Kabanova, T.V. (2020). Application of glucono-delta-lactone in soft cheese technology. Cheese making and butter making. (6). 39-41. DOI 10.31515/2073-4018-2020-6-39-41. EDN YVQPIY. (In Russ.).

Information about the authors

O.N. Musina - D.Sc., Head of the «Siberian Research Institute of Cheese-Making» Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies (FASCA), Professor of the Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University.

D.A. Usatiuk - research scientist, lab. of scientific and applied technological developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Makin», FASCA.

N.I. Bondarenko - Head of the lab. of scientific and applied technological developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Makin», FASCA.