Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК 637.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.002 [[https://www.elibrary.ru/images/qr_code2.png](https://www.elibrary.ru/images/qr_code2.png)EDN: QPXPPX](https://elibrary.ru/QPXPPX)

**КОМБИНИРОВАННОЕ ПОДКИСЛЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ**

**КИСЛОМОЛОЧНОГО СЫРА**

**Ольга Николаевна Мусина 1, Нина Ивановна Бондаренко 2,**

**Дарья Андреевна Усатюк 3**

1, 2, 3 ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», г. Барнаул, Россия

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

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

3 d\_usatyuk@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7852-1680

***Аннотация.*** *Представлена разработанная технология мягкого кисломолочного сыра. Разработанная технология предполагает применение комбинированного подкисления молока при помощи органической кислоты и микробиологической закваски. В качестве органического подкислителя использовали лимонную, уксусную кислоту и глюконо-дельта-лактон (ГДЛ). Состав закваски представлен следующими микроорганизмами: Lactococcuslactissubsp. lactis, Lactococcuslactissubsp. cremoris, Lactococcuslactissubsp. diacetilactis.*

*Основная цель исследований, направленных на создание новой технологии производства кисломолочного сыра с комбинированным подкислением, состояла в сокращении производственного цикла и определении оптимальных технологических параметров, способствующих получению мягкого кисломолочного сыра с нежной мажущейся консистенцией и выраженным кисло-сливочным вкусом.*

*Предлагаемая технология сыра отличается сокращенным производственным циклом за счет научно-обоснованных технологических параметров, способствующих получению мягкого сыра с нежной мажущейся консистенцией и выраженным кисло-сливочным вкусом.*

*Наибольший выход сыра с высоким значением массовой доли влаги отмечен при использовании в качестве подкислителя уксусной кислоты, чуть меньше лимонной и еще меньше ГДЛ. При использовании глюконовой кислоты в предварительном подкислении консистенция сыра была наиболее однородной и связной. По активной кислотности образцы сыра с ГДЛ имели более высокий рН, чем образцы с лимонной и уксусной кислотами. Кислотность сыворотки, наоборот, у образцов с лимонной и уксусной кислотами была чуть выше.*

*Комбинированное подкисление позволило сократить процесс свертывания молочной смеси и образования сгустка. В качестве органического подкислителя рекомендован ГДЛ. Использование ГДЛ способствует наилучшему и наиболее полному выделению более кислой сыворотки во время самопрессования и получению более плотного и менее кислого образца сыра.*

***Ключевые слова:*** *технология, кисломолочный сыр, закваска, органолептические показатели, физико-химические показатели, комбинированное подкисление, глюконо-дельта-лактон, активная кислотность, свертывание.*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

***Для цитирования:*** Мусина О. Н., Бондаренко Н. И., Усатюк Д. А. Комбинированное подкисление в технологии кисломолочного сыра // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 15–19. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.002. EDN: https://elibrary.ru/QPXPPX.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Original article

**COMBINED ACIDIFICATION IN THE TECHNOLOGY OF**

**FERMENTED MILK CHEESE**

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

1, 2, 3 Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies, Barnaul, Russia

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

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

3 d\_usatyuk@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7852-1680.

***Abstract.*** *The developed technology of soft sour-milk cheese is presented. The developed technology involves the use of combined acidification of milk using organic acid and microbiological starter culture. Citric acid, acetic acid and glucon-delta-lactone were used as organic acidifiers. The composition of the starter is represented by the following microorganisms: Lactococcuslactissubsp. lactis, Lactococcuslactissubsp. cremoris, Lactococcuslactissubsp. diacetilactis.*

*The main purpose of the research aimed at creating a new technology for the production of sour-milk cheese with combined acidification was to shorten the production cycle and determine the optimal technological parameters that contribute to the production of soft sour-milk cheese with a delicate smearing consistency and a pronounced sour-cream taste.*

*The proposed cheese technology is characterized by a shortened production cycle due to scientifically based technological parameters that contribute to the production of soft cheese with a delicate smearing consistency and a pronounced sour-creamy taste.*

*The highest yield of cheese with a high value of the mass fraction of moisture was noted when using acetic acid as an acidifier, slightly less citric acid and even less glucono-delta-lactone. When using gluconic acid in pre-acidification, the consistency of the cheese was the most homogeneous and coherent. According to the active acidity, the samples of cheese with glucono-delta-lactone had a higher pH than the samples with citric and acetic acids. The acidity of the serum, on the contrary, in the samples with citric and acetic acids was slightly higher.*

*Combined acidification made it possible to reduce the process of coagulation of the milk mixture and the formation of a clot. Glucono-delta-lactone is recommended as an organic acidifier. The use of glucono-delta-lactone contributes to the best and most complete release of more acidic whey during self-pressing and to obtain a denser and less acidic cheese sample.*

***Keywords:*** *technology, fermented milk cheese, sourdough, organoleptic parameters, physico-chemical parameters, combined acidification, glucone-delta-lactone, active acidity, coagulation.*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***For citation***: Musina, O.N., Bondarenko, N.I. & Usatyuk, D.A. (2023). Combined acidification in the technology of fermented milk cheese. *Polzunovskiy vеstnik,* (1), 15-19. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.002.EDN: https://elibrary.ru/QPXPPX.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ВВЕДЕНИЕ**

В соответствии с ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» термин «кисломолочный сыр» отсутствует, а основным идентификационным показателем является массовая доля влаги в обезжиренном веществе сыра [1].

Кисломолочный сыр – молочный продукт, произведенный из молока с использованием специальных заквасок, обеспечивающих коагуляцию молочного белка кислотным способом с помощью или без молоко­свертывающих ферментов, с последующим отделением или без отделения сырной массы от сыворотки, ее формованием, самопрессованием, с посолкой или без посолки, созреванием или без созревания. По массовой доле влаги в обезжиренном веществе кисломолочные сыры чаще относятся к мягким сырам [2–4].

Кисломолочные сыры России – «Чайный», «Клинковый», «Домашний», «Сливочный», «Нарочь», «Айболит» [5]. Но, к сожалению, все перечисленные сыры в настоящее время промышленностью практически не выпускаются. Исключение составляет сыр «Домашний», который выпускается как зерненный творог. К наиболее известным зарубежным кисломолочным сырам относятся: «Филадельфия», «Маскарпоне», «Куломье», «Невшатель».

Кисломолочные сыры [6] характеризуются высокой кислотностью, в результате чего их вкус отличается от вкуса созревающих сычужных сыров и характеризуются выраженным кисломолочным вкусом и запахом.

При кислотном типе свертывания, идущим с использованием только молочной кислоты, продуцируемой микроорганизмами закваски, процесс образования сгустка занимает длительное время до 20 ч. При кислотно-сычужном типе свертывания процесс образования сгустка сокращается до 12 ч, а при повышении температуры до 28ºС процесс ускоряется и занимает 5‒6 ч. Фермент вносят в молоко вместе с закваской или после нарастания кислотности до 6,3‒6,0 ед. рН. Образование сгустка при кислотно-сычужном типе свертывания происходит при помощи кислоты и сычужного фермента, а готовность такого сгустка к разрезке многими авторами отмечается по достижении им активной кислотности 5,3‒5,0 ед. рН. При активной кислотности более 5,3 ед. рН в кислотно-сычужном сгустке преобладают силы дезинтеграции между казеиновыми мицеллами, а при рН менее 5,3 ед. начинают нарастать силы агрегирования, что, собственно, и приводит к уплотнению сгустка [7]. Под действием сычужного фермента в подкисленной среде образуются новые реакционноспособные участки на молекуле казеина, между молекулами создаются новые связи, что уменьшает силы дезинтеграции, и в итоге прочность сгустка возрастает. При кислотно-сычужном типе свертывания сгусток получается более прочным при более высоких значениях активной кислотности, в отличие от кислотного типа свертывания. Есть данные, что кислотно-сычужные сгустки при активной кислотности ниже 4,6 ед. рН становятся слабыми и теряют способность к синерезису, а при рН менее 4,2 ед. сгусток полностью теряет способность к сжатию и выделению сыворотки [8].

Основная цель проводимых исследований, направленных на создание новой технологии производства кисломолочного сыра с комбинированным подкислением, состояла в сокращении производственного цикла и определении оптимальных технологических параметров, способствующих получению мягкого кисломолочного сыра с нежной мажущейся консистенцией и выраженным кисло-сли­вочным вкусом. Технология получения кисломолочных мажущихся сливочных сыров при использовании традиционного способа подразумевает длительный процесс получения сгустка в ванне и еще более длительный процесс отделения сгустка от сыворотки. Длительность технологического процесса обусловлена медленным нарастанием кислотности нормализованной по жиру смеси как при кислотно-сычужном, так и при кислотном типе свертывания. При этом кислотный тип свертывания характеризуется еще более длительным процессом отделения сыворотки от сгустка. Следовательно, актуальным является научное обоснование ускоренной технологии кисломолочного сыра с комбинированным подкислением.

**МЕТОДЫ**

Объектами исследования являлись:

- молоко коровье сырое по ГОСТ 31449-2013;

- экспериментальные образцы сыра и сыворотка, получаемая при его выработке.

Физико-химические показатели в сырье и готовом продукте определяли по стандартным методикам, в частности:

- активную кислотность – по ГОСТ 32892-2014;

- массовую долю влаги – по ГОСТ Р 55063-2012;

- органолептические показатели мягкого сыра – по ГОСТ 33630-2015.

Кисломолочный сыр с комбинированным подкислением получали из цельного молока жирностью от 3,9 до 4,1 %.

В качестве органического подкислителя использовали лимонную, уксусную кислоту и глюконо-дельта-лактон (ГДЛ) [9]. Состав закваски представлен следующими микроорганизмами: *Lactococcuslactissubsp. lactis, Lactococcuslactissubsp. cremoris, Lactococcuslactissubsp. diacetilactis*.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В создании новой технологии кисломолочного сыра научными сотрудниками лаборатории научно-прикладных и технологических разработок отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА использовано цельное молоко для получения кисломолочного сливочного вкуса и мягкой мажущейся консистенции, а также кислотно-сычужный тип свертывания с применением предварительного органического подкисления смеси, направленного на сокращение продолжительности свертывания и нарастания кислотности. При кислотно-сычужном типе свертывания сгусток получается более прочным при более высоких значениях активной кислотности, в отличие от кислотного типа свертывания.

Сначала очищенное цельное молоко пастеризовали при температуре от 78 до 80 оС с выдержкой от 20 до 25 с. Затем молоко охлаждали до температуры сквашивания от 28 до 30 оС (выбор температуры сквашивания обусловлен выбором заквасочных культур) и проводили прямое подкисление раствором органических кислот до рН 6,0 ед. После этого вносили кальций хлористый из расчета 40 г на 100 кг молока. Далее в смесь вносили производственную закваску с учетом дозы органического подкислителя. Учитывая ожидаемые органолептические и физико-химические показатели, выбрана закваска БЗ-Лс производителя ООО «Барнаульская биофабрика». В конце составления смеси для сквашивания вносили раствор сычужного фермента и смесь оставляли при температуре сквашивания в покое до образования видимого сгустка и достижения им активной кислотности 5,0 ед. рН. Данная кислотность была достигнута в течение менее чем 4 часов. Далее сгусток выкладывали без перемешивания в лавсановые мешки для самопрессования до получения необходимой влажности при температуре от 18 до 22 ºС в течение от 14 до 16 ч. Отделившиеся сгустки раскладывали в полимерную упаковку и отправляли на охлаждение и структурирование в холодильную камеру при температуре от 4 до 6 ºС в течение 24 часов.

В таблице 1 приведены органолептические показатели экспериментальных образцов кисломолочного сыра с комбинированным подкислением с использованием различных органических кислот.

Таблица 1 ‒ Органолептические показатели кисломолочного сыра с комбинированным подкислением

Table 1 - Organoleptic characteristics of fermented milk cheese with combined acidification

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Органолептические показатели | Вид кислотного агента | | |
| Уксусная кислота | Лимонная кислота | ГДЛ |
| Внешний вид | Отделение сыворотки на поверхности сыра после охлаждения | Незначительное  отделение сыворотки на поверхности сыра после охлаждения | Без отделения сыворотки |
| Поверхность шероховатая (бугристая) | |
| Консистенция | Неоднородная  с включением крупной жестковатой крошки | Неоднородная  с включением мелкой мягкой крошки | Однородная,  с незначительным количеством крупного мягкого зерна, приобретающего однородную структуру после механического воздействия |
| Вкус и запах | Привкус и запах  уксусной кислоты | Кисловатый вкус | Чистый, кисломолочный,  без посторонних привкусов и запахов |
| Цвет | От белого до слабожелтого оттенка | | |
|  | | | |

При использовании ГДЛ удалось получить чистый приятный кисломолочный вкус и запах, а также однородную мажущуюся консистенцию.

В таблице 2 представлены данные физико-химических исследований экспериментальных образцов кисломолочного сыра с комбинированным подкислением.

Таблица 2 – Физико-химические показатели сыра и сыворотки

Table 2 - Physico-chemical parameters of cheese and whey

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Подкислитель | Активная кислотность,  ед. рН | | Выход сыра, % | Массовая доля влаги, % |
| сыворотки | сыра |
| Уксусная кислота | 4,77±  0,15 | 4,27±  0,10 | 22,3±  0,15 | 58,9±  0,20 |
| Лимонная кислота | 4,71±  0,11 | 4,35±  0,08 | 21,9±  0,11 | 58,1±  0,16 |
| ГДЛ | 4,60±  0,10 | 4,43±  0,12 | 21,5±  0,13 | 56,8±  0,17 |

Как видно из таблицы 2, наибольший выход сыра с высоким значением массовой доли влаги отмечен при использовании в качестве подкислителя уксусной кислоты, чуть меньше лимонной и еще меньше ГДЛ. Полученный результат объясняет наличие свободной влаги в виде выделившейся сыворотки в этих образцах в процессе их охлаждения. При использовании глюконовой кислоты в предварительном подкислении консистенция сыра была наиболее однородной и связной. По активной кислотности образцы сыра с ГДЛ имели более высокий рН, чем образцы с лимонной и уксусной кислотами. Кислотность сыворотки, наоборот, у образцов с лимонной и уксусной кислотами была чуть выше. Полученный результат по активной кислотности свидетельствует о том, что использование ГДЛ способствует наилучшему и наиболее полному выделению более кислой сыворотки во время самопрессования и получению более плотного и менее кислого образца сыра.

**ВЫВОДЫ**

В результате проведения научно-практических исследований по разработке технологии нового кисломолочного сыра с комбинированным подкислением в качестве кислотного агента рекомендовано следующее:

- применение глюконо-дельта-лактон для предварительного прямого подкисления;

- использование мезофильного типа бактериальной закваски;

- ведение технологического процесса при оптимальных температурно-временных режимах.

В результате гарантировано получение мягкого кисло-сливочного сыра с мягкой кремообразной консистенцией. Путем применения предварительного подкисления специально подобранных заквасочных микроорганизмов и дополнительных ингредиентов удалось значительно сократить процесс получения кисло-сливочного сыра.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ТР ТС 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции. Режим доступа: URL: https://docs.cntd.ru/document/499050562. (дата обращения: 14.09.2022).

2. Макарьин А.М. Производство мягких сыров. М. : Изд-во «Пищевая промышленность», 1971. 128 с.

3. Скотт Р., Робинсон Р.К., Уилби Р.А. Производство сыра: научные основы и технологии. СПб. : Профессия, 2005. 464 с.

4. Николаев А.М. Технология мягких сыров. М. : Пищевая промышленность, 1980. 216 с.

5. Лях В.Я., Шергина И.А., Садовая Т.Н. Справочник сыродела. СПб. : Профессия, 2011. 680 с.

6. Шумилов С.Ю. Исследование и разработка технологии производства мягких кисломолочных сыров: автореф. дис. … канд. техн. наук. Улан-Удэ, 1998. 15 с.

7. Emmons D.B., Price W.V., Swanson A.M. Factors affecting the pH of skim milk coagulation by lactic culture // Journal Dairy Science. 1959. № 42. Р. 589-597.

8. Van Vliet T. Rheological properties of filled gels. Influence of filler matrix interaction. Colloid Polym // Materials Science. 1988. № 266. Р. 518‒524.

9. Глюконо Дельта Лактон (ГДЛ) ‒ орион продукт. Режим доступа: URL : https://orion-food.com/gdl.html (дата обращения: 8.09.2022).

***Информация об авторах***

*О. Н. Мусина – д-р техн. наук, гл. науч. сотр., руководитель «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.*

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

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

**REFERENCES**

1. On the safety of milk and dairy products (2013). *TR CU 033/2013*. Retrieved from - https://docs.cntd.ru/do-cument/499050562. (In Russ.).

2. Makarin, A.M. (1971). Production of soft materials. Moscow: Publishing house "Food industry". (In Russ.).

3. Scott, R., Robinson, R.K. & Wilby, R.A. (2005). Cheese production: scientific foundations and technologies. St. Petersburg: Profession.(In Russ.).

4. Nikolaev, A.M. (1980). Technology of soft cheeses. Moscow: Food industry. (In Russ.).

5. Lyakh, V.Ya., Shergina, I.A. & Sadovaya, T.N. (2011). Handbook of cheese maker. St. Petersburg: Profession. (In Russ.).

6. Shumilov, S.Yu. (1998). Research and deve­lopment of technology for the production of soft sour-milk cheeses. Extended abstract of candidate’s thesis. Ulan-Ude. (In Russ.).

7. Emmons, D.B., Price, W.V. & Swanson, A.M. (1959). Factors affecting the pH of skim milk coagulation by lactic culture. Journal Dairy Science, (42), 589-597.

8. VanVliet, T. (1988). Rheological properties of filled gels. Influence of filler matrix interaction. Colloid Polym. Materials Science, (266), 518-524.

9. Glucono Delta Lactone (GDL) - orion product (2022). Retrieved from - https://orion-food.com/gdl.html. (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-Bio Technologies (FASCA).*

*N.I. Bondarenko - Head of the Laboratory of Scientific, Applied and Technological Developments of the «Siberian Research Institute of Cheese-Makin», FASCA.*

*D.A. Usatiuk - research scientist, Laboratory of Scientific, Applied and Technological Developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Makin», FASCA.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 21.09.2022; одобрена после рецензирования 13.02.2023; принята к публикации 21.03.2023.*

*The article was received by the editorial board on 21 Sep 2022; approved after editing on 13 Febr 2023; accepted for publication on 21 Mar 2023.*