УДК 637.352

А.А. Майоров, И.М. Мироненко, А.И. Яшкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛЮКОНО-ДЕЛЬТА-ЛАКТОНА В ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО СЫРА ИЗ ВОССТАНОВЛЕННОГО ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА

Установлена возможность выработки мягкого кислотно-сычужного сыра из восстановленного цельного молока с использованием глюконо-дельта-лактона (ГДЛ). Отмечено, что увеличение вносимого в молоко ГДЛ в дозе от 2 до 8 г/л приводит к росту кислотности молока и уменьшению продолжительности образования сгустка. Полученные образцы сыров характеризовались снижением выхода при увеличении дозы ГДЛ. Наибольший выход сыра (25,7 %) и, соответственно, наименьший объем отделившейся сыворотки зафиксированы при использовании ГДЛ в дозе 4 г/л. Полученный сыр имел однородную пастообразную консистенцию и слабокислый вкус.

Восстановленное молоко, глюконо-дельта-лактон, гелеобразование, активная кислотность, мягкий сыр, сыворотка, органолептическая оценка.

Введение

Среди большого разнообразия продуктов питания одно из ведущих мест занимают сыры. Мировая наука о питании признает сыр как высокопитательный, биологически полноценный и легкоусвояемый продукт. Анализ экономических и технологических особенностей выработки различных видов сыров показал, что перспективным является производство мягких сыров по причине эффективного использования сырья, возможности реализации сыров без созревания и высокой биологической ценности продукта [1].

Одной из основных причин, сдерживающих в России увеличение темпов роста выработки сыров, в том числе мягких, является нестабильность объемов производства молока в целом и незначительные объемы его поступления на сыродельные предприятия в зимний период. Возможным решением данной проблемы может быть производство сыра из восстановленного или рекомбинированного молока [2, 3]. Однако существующие технологии мягких сыров адаптированы к использованию натурального молока в качестве основного сырья и не всегда учитывают физико-химические изменения молочных компонентов, происходящие в процессах сгущения и сушки, в результате которых в восстановленном молоке увеличивается продолжительность свертывания, снижается стабильность казеиновых фракций, появляется привкус пастеризации, уменьшается концентрация ионного кальция и пр. [4]. По этой причине мягкие сыры из восстановленного молока имеют низкие показатели качества.

Весьма перспективным в этом отношении является использование в сыроделии функциональных добавок со специфичностью действия, позволяющих получать сыры с заданными показателями качества. К числу таких добавок относится глюконо-дельта-лактон (глюконо-1,5-лактон, ГДЛ). Глюконо-δ-лактон является пищевой добавкой (Е575), используемой в качестве подкислителя, разрыхлителя, консерватора, стабилизатора окраски, хелатирующего реагента и т.д. ГДЛ представляет собой кристаллический порошок белого цвета, хорошо растворимый в воде, не имеющий вкуса и запаха. Промышленное производство пищевой добавки осуществляется путем прямой кристаллизации из водного раствора глюконовой кислоты [5], которую получают ферментативным окислением глюкозы, например, с использованием Aspergillus Niger [6]. Как полифункциональная пищевая добавка ГДЛ успешно применяется в различных отраслях пищевой промышленности, в том числе и при производстве молочных продуктов – кисломолочных напитков и зерненого творога [7, 8]. Механизм действия ГДЛ следующий: после растворения в молоке глюконо-δ-лактон как гидролитически лабильный эфир медленно гидролизуется в глюконовую кислоту, при этом кислотность молока нарастает постепенно, без осаждения белка, с образованием однородного сгустка [9]. Благодаря этому свойству глюконо-δ-лактон позволяет управляемо снижать pH молочных продуктов.

В связи с этим несомненный интерес представляют исследования возможности применения глюконо-δ-лактона в технологии мягких кислотно-сычужных сыров из восстановленного молока с целью нивелирования некоторых недостатков, присущих восстановленным молочным продуктам. Учитывая вышеизложенное, а также практическую необходимость увеличения производства мягких сыров, в Сибирском НИИ сыроделия выполнена научно-исследовательская работа, посвященная изучению и разработке технологии мягкого сыра из восстановленного молока с высокими органолептическими показателями.

Цель данных исследований – изучение возможности использования глюконо-δ-лактона в сочетании с сычужным ферментом в технологии мягких сыров из восстановленного цельного молока. В рамках работы решались следующие вопросы: определение оптимальной дозы внесения ГДЛ в восстановленное цельное молоко; определение продолжительности образования сгустка; изучение динамики pH в процессе гелеобразования; расчет выхода готового продукта (сыра) и оценка его органолептических показателей; определение объема сыворотки, ее кислотности.

Материалы и методы исследований

При проведении исследований были использованы следующие материалы: сухое цельное молоко производства ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат» (Беларусь), вода водопроводная пастеризованная, глюконо-δ-лактон производства Cotion Ltd (Китай), сычужный препарат Clerici 96/4 с активностью 250000 ЕКЕ производства Caglificio Clerici SPA (Италия), 37%-й раствор хлорида кальция.

Восстановление и подготовка молока. Сухое цельное молоко было восстановлено в предварительно пастеризованной (85±2) °С/1 мин и охлажденной до (38±2) °С водопроводной воде до массовой доли сухих веществ 12,5 % с последующей выдержкой при температуре (38±2) °С в течение 180 мин до полного растворения частиц сухого молока. Химический состав и физико-химические свойства партии восстановленного молока были следующими: массовая доля белка – 3,20 %, в том числе казеина – 2,66 %, жира – 3,16 %, лактозы – 4,78 %, плотность – 1,030, кислотность – 16,2 °Т. Перед подкислением в молоко с температурой (37±1) °С вносили 37%-й раствор хлорида кальция в количестве 1 мл/л молока, после чего партию молока разделили на 5 образцов по 500 мл в каждом: один контрольный и четыре опытных (№ 1–4).

Гелеобразование. Прямое подкисление осуществлялось глюконо-δ-лактоном (ГДЛ) в дозах 2 г/л (образец № 1), 4 г/л (образец № 2), 6 г/л (образец № 3) и 8 г/л молока (образец № 4), в контрольном образце подкислитель не использовался. Свертывание образцов молока проводили внесением ферментного препарата в каждый образец в количестве 0,4 мл 1 % раствора. Подкисление и свертывание проводили при температуре молока (37±1) °С. После внесения ГДЛ и ферментного препарата образцы молока были помещены в прибор конструкции СибНИИС с регулируемой температурой (37±1) °С для исследования динамики гелеобразования. Окончанием гелеобразования считалось достижение стадии массовой (явной) коагуляции молока.

Определение активной кислотности молока. Изучение динамики активной кислотности в образцах молока с начала подкисления и до момента образования сгустка проводили на pH-метре-иономере «Эксперт-001» с использованием измерительного pH-электрода в термостате ТС-80М-2 с контролируемой температурой среды (37±1) °С.

Обработка сгустков и хранение образцов сыра. Термическую обработку полученных гелей проводили до достижения температуры в сгустке (80±1) °С с выдержкой 5 мин. Далее молочные сгустки подверглись формованию с отделением сыворотки через серпянку без дополнительного прессования в течение 60 мин. После формования образцы сыров в пластиковых контейнерах были помещены на хранение в холодильник с температурой (4±2) °С.

Органолептическая и физико-химическая оценка сыра и сыворотки. Через 24 ч после выработки опытные образцы сыров подверглись органолептической оценке в соответствии с ТТИ ГОСТ Р 53379-001. Определен процентный выход образцов сыра из восстановленного молока-сырья. В образцах подсырной сыворотки определен уровень активной кислотности на лабораторном pH-метре Hanna HI 221, также данные образцы получили визуальную оценку по цвету и мутности.

Статистическая обработка результатов исследований. Экспериментальные исследования выполнены в трехкратной повторности. Полученный цифровой материал обработан методами вариационной статистики с расчетом среднего арифметического (M), стандартного отклонения (σ), стандартной ошибки среднего арифметического (m), коэффициента вариации (C_v) и достоверности разницы по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Определение времени образования сгустков. Цель данного эксперимента состояла в определении продолжительности образования молочных сгустков в опытных образцах молока с различной дозой ГДЛ. В серии предварительных опытов испытывалось внесение глюконо-δ-лактона в количестве менее 2 г/л молока. Результаты показали, что продолжительность гелеобразования при низких значениях ГДЛ превышает 60 мин, а полученные при этом гели характеризовались медленным структурообразованием. В результате основного эксперимента установлено, что внесение в молоко подкислителя в дозах от 2 до 8 г/л в сочетании с ферментным препаратом в значительной степени оказывает влияние на скорость образования сгустков (рис. 1).

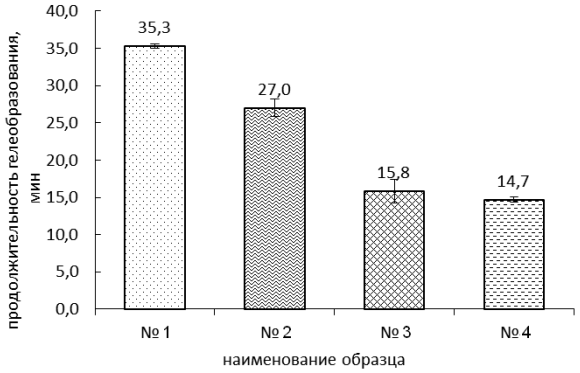

Рис. 1. Продолжительность образования сгустков в образцах молока с ГДЛ

В контрольном образце без предварительного подкисления молока при внесении фермента образования сгустков не произошло, в то время как в опытных образцах продолжительность гелеобразования варьировала в пределах от 15 до 35 мин. Как видно из представленного рисунка, максимальная продолжительность гелеобразования зафиксирована в образце № 1, где она составила 35,3 мин. При этом образование сгустка отмечалось при pH 5,98. Повышение дозы ГДЛ до 4 г/л, в свою очередь, позволило сократить продолжительность образования сгустка до 27,0 мин при pH 5,70. Образование сгустка в образце № 3 происходило быстрее на 19,5 мин по сравнению с образцом № 1, при этом кислотность сгустка была ниже на pH 0,13. Наименьшей продолжительностью гелеобразования характеризовался обра-

зец № 4: в данном случае кислотность сгустка была ниже на pH 0,41 и время получения его сократилось на 20,6 мин в сравнении с образцом № 1. Результаты представленных исследований показали, что внесение глюконо-δ-лактона в восстановленное цельное молоко совместно с сычужным ферментом приводит к ускорению процесса образования сгустков по мере снижения pH.

Исследование динамики pH молока. Цель эксперимента заключалась в изучении динамики активной кислотности молока при использовании различных доз глюконо-δ-лактона. Как отмечалось выше, в контрольном образце молока образование сгустка не было зафиксировано, однако характер его активной кислотности претерпел определенные изменения. На рис. 2 представлена динамика pH исследуемых образцов молока.

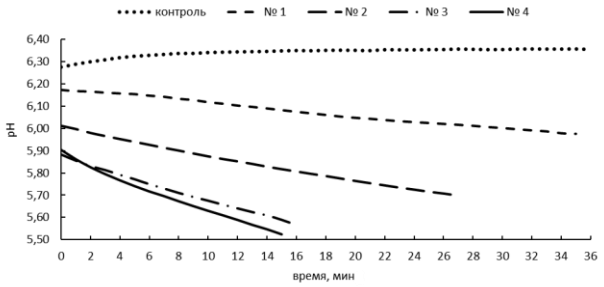

Рис. 2. Динамика активной кислотности образцов молока

В контрольном образце (без ГДЛ) в ходе всего периода наблюдений молоко имело тенденцию к защелачиванию при относительно невысокой скорости течения самого процесса. По-видимому, это связано с проявлением буферных свойств молока вследствие внесения в него раствора хлористого кальция, изменяющего pH молока в кислую сторону. Внесение ГДЛ в опытные образцы молока оказало существенное влияние на скорость его закисления. При этом замечено, что интенсивность снижения pH при постоянной температуре обусловлена количеством вносимой добавки. Так, при добавлении в молоко подкислителя в количестве 2 г/л pH в молоке снизился с 6,17 до 5,98. Аналогичная тенденция отмечалась с увеличением дозы внесения ГДЛ до 4 г/л: в течение всего периода наблюдений pH снизился с 6,01 до 5,70. При внесении глюконо-δ-лактона в молоко в дозах 6 и 8 г/л (образцы № 3 и 4) существенных различий в динамике закисления молока отмечено не было, а разница в показателях pH сгустков находилась в пределах статистической погрешности. Причиной этого, по-видимому, является заметное снижение pH в молоке вследствие гидролиза глюконо-дельта-лактона, замедляющее скорость последующего кислотообразования в молоке с течением времени. Последнее позволяет утверждать о нецелесообразности внесения в молоко ГДЛ в количестве, превышающем 6 г/л, для ускорения гелеобразования.

Скорость изменения pH в молоке была различной (рис. 3). При сравнении кривых роста/снижения pH всех образцов молока отмечено, что наиболее интенсивное изменение кислотности наблюдалось в ходе первых 10 мин наблюдений в контроле и образцах № 3 и 4. В последующем интенсивность изменения кислотности в рассматриваемых образцах молока снижалась. В образцах № 1 и 2, по данным рисунка, pH менялся в узком диапазоне значений, что выражалось в медленном нарастании кислотности и закономерном увеличении продолжительности гелеобразования. Таким образом, экспериментально установлен факт повышения скорости закисления восстановленного цельного молока на фоне увеличения дозы вносимого глюконо-δ-лактона.

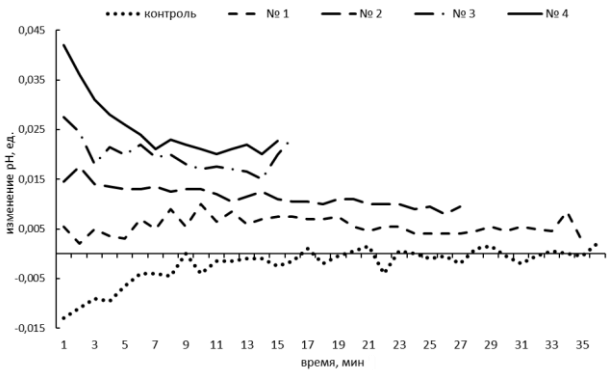

Рис. 3. Скорость изменения pH молока в процессе закисления в зависимости от дозы ГДЛ

Изучение показателей сыра и подсырной сыворотки. В данной серии опытов проведено определение выхода сыра, количества и качества подсырной сыворотки, полученных из опытных образов восстановленного и подкисленного ГДЛ молока. Результаты взвешивания и выхода сыров представлены в табл. 1.

Таблица 1

Масса и выход опытных образцов сыра, полученных из 500 г молока (n = 3)

№ образца	Масса сыра		Выход сыра, %
	M±m, г	C_v, %	
1	118,3±3,33	4,88	23,7±1,15
2	128,7±2,33	3,14	25,7±0,48
3	113,0±4,04*	6,19	22,6±0,81
4	108,7±2,67**	4,25	21,7±0,53

* Разница по отношению к образцу № 2 достоверна при P < 0,01.

** Разница по отношению к образцу № 2 достоверна при P < 0,001.

Масса экспериментальных сыров, полученных из опытных образцов, находилась в пределах 108,7–128,7 г, а максимальный выход имел образец сыра № 2 (25,7 %). С повышением количества вносимого в молоко ГДЛ с 4 до 8 г/л масса и выход сыра снижались на 15,7–20,0 г и 3,1–4,0 % соответственно. Уменьшение выхода сыра на фоне роста активной кислотности в образцах № 3 и 4 объясняется снижением влагоудерживающей способности сгустка и, как следствие, ускоренным его обезвоживанием. Полученные данные подтверждают описанную в литературе [10] тенденцию снижения выхода сыра на фоне повышения дозы ГДЛ в молоке.

Установлено, что внесение определенной дозы ГДЛ в восстановленное молоко оказывает влияние на синеретические свойства сгустков: образцы № 1, 3 и 4 характеризовались наибольшим объемом отделившейся сыворотки (табл. 2). В указанных образцах объем сыворотки находился на уровне 360,0–363,3 мл, что на 21,7–26,7 мл больше в сравнении с данными образца № 2. Таким образом, наибольший эффект по снижению объема выделившейся сыворотки (на 6–8 %) и увеличению выхода сыра (на 2–4 %) наблюдался в случае использования глюконо-дельта-лактона в количестве 4 г/л.

Таблица 2

Объем и активная кислотность сыворотки (n = 3)

№ образца	Объем сыворотки		pH сыворотки	
	M±m, мл	C_v, %	M±m	C_v, %
1	363,3±6,01*	2,86	5,48±0,012	0,38
2	338,3±6,01	3,08	4,97±0,021	0,73
3	360,0±7,64	3,67	4,59±0,097	3,68
4	365,0±7,64	3,62	4,33±0,155	6,21

* Разница по отношению к образцу № 2 достоверна при P < 0,05.

При определении кислотности сыворотки отмечено, что увеличение дозы ГДЛ в восстановленном молоке приводит к снижению pH подсырной сыворотки. Самый высокий показатель по этому признаку зафиксирован в сыворотке образца № 1, где он составил pH 5,48, в то время как в образцах сыворотки № 2–4, где количество вносимого в молоко глюконо-δ-лактона было существенно выше, кислотность достигла pH 4,33–4,97.

Сравнительное измерение pH в молочных сгустках и сыворотке показало, что во всех опытных образцах активная кислотность сыворотки была выше аналогичного показателя сгустка. При этом разница в показателе pH увеличивалась по мере повышения дозы вносимого в молоко ГДЛ (на 0,50; 0,73; 0,98 и 1,19 ед. в образцах № 1, 2, 3, 4 соответственно). Вероятно, рост кислотности молока замедляет скорость перехода глюконо-дельта-лактона в глюконовую кислоту, благодаря чему в сыворотку отходит определенная часть негидролизованного ГДЛ. В такой сыворотке кислотообразование продолжается, выражаясь в снижении показателя pH. Это дает основание полагать, что лишь часть внесенного в молоко ГДЛ, превращаясь в кислоту, принимает участие в коагуляции молока, тогда как оставшееся количество ГДЛ «уходит» в сыворотку.

Проведена визуальная оценка сыворотки. В опытных образцах № 1 и 2 при внесении ГДЛ в молоко в количестве 2 и 4 г/л сыворотка имела зеленовато-желтый цвет, была непрозрачной, имела небольшое количество хлопьев белка. В образцах сыворотки № 3 и 4, в которые ГДЛ вносили в количестве соответственно 6 и 8 г/л, сыворотка была зеленовато-желтого цвета с визуально более заметными белковыми включениями. Следовательно, можно заключить, что оптимальной дозой ГДЛ, позволяющей получать сгустки с высокой влагоудерживающей способностью и меньшими потерями белков, является 4 г/л.

В работе проведена органолептическая оценка полученных образцов сыра (табл. 3). По показателю вкуса экспериментальные образцы сыров имели некоторые отличия: с увеличением количества вносимого в молоко ГДЛ сыр приобретал слабокислый вкус, а в некоторых образцах – посторонний привкус. Наибольшее количество баллов по испытуемому показателю получили образцы № 2 и 3 с добавлением ГДЛ в дозе 4 и 6 г/л соответственно. При оценке консистенции сыров отмечена их высокая влагонасыщенность, однако часть влаги выделялась при хранении продукта. По совокупности органолептических показателей образцы сыров № 2 и 3 получили наибольшую суммарную балльную оценку в сравнении с образцами № 1 и 4, имеющими пороки консистенции и вкуса.

Таблица 3

Результаты органолептической оценки образцов сыра

№ образца	Вкус		Консистенция		Общий балл
	характеристика	балл	характеристика	балл	
1	Невыраженный, умеренный посторонний	15	Пастообразная, влагонасыщенная, однородная, присутствует мучнистость	7	22
2	Слабокислый, без посторонних привкусов	19	Пастообразная, влагонасыщенная, однородная	9	28
3	Слабокислый, слабый посторонний	18	Пастообразная, менее влагонасыщенная, однородная	9	27
4	Слабокислый, умеренный посторонний	15	Пастообразная, менее влагонасыщенная, неоднородная, присутствует мучнистость	7	22

Подводя итог представленному материалу, можно сделать вывод, что оптимальной дозой внесения ГДЛ в восстановленное молоко для получения мягкого кислотно-сычужного сыра с большим выходом и высокими органолептическими показателями является 4 г/л молока. Полученные результаты являются основой для разработки технологии мягкого кислотно-сычужного сыра из восстановленного цельного молока. Их также можно использовать при создании технологий других продуктов.

Список литературы

1. Бугаева, И.Н. Новое поколение сыров / И.Н. Бугаева, И.А. Смирнова // Сыроделие и маслоделие. – 2002. – № 4. – С. 6–8.
2. Забодалова, Л.А. Применение сухого молочного сырья и растительных жиров при производстве твердых сычужных сыров с низкой температурой второго нагревания / Л.А. Забодалова, Н.В. Разгуляева, Л.И. Степанова // Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития: сб. материалов науч.-техн. конф. – Углич, 2003. – С. 64.
3. Остроухов, Д.В. Сыры из сухого молока – реальность нашего времени / Д.В. Остроухов // Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития: сб. материалов науч.-техн. конф. – Углич, 2003. – С. 65.
4. Мазалевский, В.Б. Производство сырных продуктов из восстановленного молока / В.Б. Мазалевский, И.М. Мироненко // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сб. науч. тр. – Барнаул, 2011. – № 8. – С. 73–78.
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. Nagarajan, V. Genetic Engineering (Microbes), in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology: fourth edition / V. Nagarajan. – 1992. – Vol. 12. – P. 481–491.
7. Trop, M. Simulation of Bacterial Fermentation of Milk and Possible Acylation of Its Proteins by Acidogen Hydrolysis / M. Trop // Journal of Dairy Science. – 1984. – Vol. 67, Iss. 7. – P. 1381–1389.
8. El-Shenawy, A.A. Behavior of Listeria monocytogenes in the presence of gluconic acid and during preparation of cottage cheese curd using gluconic acid / A.A. El-Shenawy, E.H. Marth // Journal of Dairy Science. – 1990. – Vol. 73(6). – P. 1429–1438.
9. Serpelloni, M. Glucono-delta-lactone in milk ripening / M. Serpelloni, P. Lefevre, C. Dusautois // Dairy Industries International. – 1990. – Vol. 55(2). – P. 35, 37, 39.
10. Ismail, M.M. Manufacture of Mozzarella cheese using glucono-delta-lactone / M.M. Ismail, K.M. Ayyad, M.N. Hamad // 10th Egyptian Conference for Dairy Science and Technology, Research Papers, held at The International Agriculture Centre, Cairo, Egypt, 19–21 November, 2007. – P. 415–432.

ГНУ «Сибирский научно-исследовательский
институт сыроделия Россельхозакадемии»,
656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66.
Тел.: (3852) 56-46-12
e-mail: sibniis.altai@mail.ru

SUMMARY

A.A. Mayorov, I.M. Mironenko, A.I. Yashkin

USING GLUCONO-DELTA-LACTONE FOR THE PRODUCTION OF SOFT CHEESE FROM RESTORED WHOLE MILK

Opportunity of soft acid-rennet cheese production from restored whole milk using glucono-delta-lactone (GDL) is established. It is noted that increase of GDL in dose from 2 to 8 grams per liter leads to the growth of milk acidity and reduction of clot formation duration. The received samples of cheeses were characterized by yield decrease with the increase of GDL dosage: the greatest cheese yield (25,7 %) and the smallest volume of the separated serum is noted with using of GDL in a dose of 4 grams per liter. The cheese obtained had a homogeneous paste-like consistence and subacid taste.

Restored milk, glucono-delta-lactone, gelation, active acidity, soft cheese, serum, organoleptic evaluation.

Siberian research Institute for cheese-making
Russian Academy of agricultural Sciences
656016, Russia, Barnaul, Sovetskaya Army, 66
Phone: (3852) 56-46-12
e-mail: sibniis.altai@mail.ru