

Г. А. Донская, В. М. Дрожжин, В. В. Брызгалина

## Напитки кисломолочные с повышенным содержанием сывороточных белков и водорастворимых антиоксидантов

С целью увеличения ассортимента кисломолочных продуктов функциональной направленности разработана технология и рецептуры напитков с повышенным содержанием легкоусвояемых сывороточных белков и водорастворимых природных антиоксидантов. В качестве пробиотической культуры использовали ацидофильную молочнокислую палочку, обладающую антибиотической активностью. Дополнительным источником белка являлся концентрат сывороточного белка (КСБ). Для определения массовой доли КСБ в рецептуре напитка изучена динамика изменения окислительно-восстановительных показателей (рН, титруемая кислотность, окислительно-восстановительный потенциал – Eh) в процессе сквашивания. С учетом полученных коэффициентов аппроксимации при изучении функциональной зависимости титруемой кислотности от времени сквашивания молочных смесей с различным содержанием КСБ и органолептических свойств напитков определена оптимальная концентрация КСБ. Установлено, что сочетание КСБ с пробиотической культурой сокращает процесс сквашивания на 1 ч, улучшает структурно-механические показатели напитка, увеличивает содержание водорастворимых антиоксидантов. Для придания напитку пребиотических свойств в рецептуру вводили экстракты фиточаев плодов софоры японской и цветков гибискуса. Разработаны режимы экстракции фиточаев с использованием воды и сыворотки молочной. Определены гидромодули, температура и время экстракции. Изучена антиоксидантная активность (АОА) экстрактов и настоев фиточаев, их активная и титруемая кислотность. Определено влияние настоев на динамику изменения кислотности в процессе сквашивания молока. Установлено, что смесь настоев фиточаев в композиции с КСБ при сквашивании ацидофильной молочнокислой палочкой увеличивает АОА напитка в 3 раза относительно обезжиренного молока. Разработанный натуральный продукт с низким содержанием жира, без добавления сахаров, с повышенным содержанием природных антиоксидантов можно позиционировать как источник белка и рекомендовать для массового потребления, а также для людей, ведущих активный образ жизни, с целью повышения антиоксидантной защиты организма, снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний, нормализации липидного обмена.

**Ключевые слова:** молоко нормализованное обезжиренное, сыворотка подсырная, концентрат сывороточного белка, настои фиточаев, антиоксидантная активность, ацидофильная молочнокислая палочка, напитки кисломолочные.

### Введение

Исследование рынка отечественных молочных продуктов показало ограниченность ассортимента кисломолочных продуктов с повышенным содержанием белка. К этой категории относятся в основном йогурты, для сквашивания которых используют двухвидовую закваску, состоящую из термофильного молочнокислого стрептококка и молочнокислой болгарской палочки. Увеличение содержания белка в йогуртах обусловлено введением сухого обезжиренного молока (СОМ), белки которого, как и белки молока сырья, состоят на 80 % из казеина и на 20 % из легкоусвояемых сывороточных белков. Казеин переваривается медленнее в сравнении с сывороточными белками. Его, как правило, вводят в смеси для детского питания, в рацион пациентов реабилитационного периода. Переваривание в течение продолжительного времени обеспечивает сравнительно низкие темпы расщепления белка и равномерное поступление аминокислот в организм растущего ребенка и пациента в послеоперационный период.

Для людей, ведущих активный образ жизни, испытывающих физические нагрузки, спортсменов, школьников актуально повышение в рационе сывороточных белков. Последние имеют наивысшую скорость расщепления. Уже через час после приема продуктов с белками молочной сыворотки концентрация аминокислот и пептидов в крови резко возрастает. Аминокислотный состав сывороточных белков наиболее близок к аминокислотному составу мышечной ткани человека.

Исследования коллег из университета McGill (Канада) показывают, что сывороточный протеин значительно превосходит яичный (идеальный) белок, белок сои, говядины и рыбы в плане улучшения реакций на клеточном и гормональном уровнях. Доказано, что сывороточный протеин повышает уровень глутатиона – основного антиоксиданта в организме биообъекта, снижает уровень холестерина в крови, что согласуется с результатами наших исследований [1].

Аминокислотный состав казеина и сывороточных белков несколько различен [2, с. 10–11]. Так, в альбумине содержание триптофана в 4 раза больше, чем в казеине. Содержание незаменимой серосодержащей аминокислоты цистина в глобулине почти в 7 раз, а в альбумине – в 19 раз больше, чем в казеине. Такое содержание аминокислот очень важно для биологических процессов, происходящих в организме. В сыворотку переходят практически все соли и микроэлементы молока, водорастворимые витамины: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, С, РР, холин, А, Е, биотин.

Благодаря богатому химическому составу молочная сыворотка является весьма полезной для человеческого организма. Она способствует улучшению работы почек и печени, влияет на перистальтику

кишечника, способствует улучшению кровообращения. Благодаря малой калорийности способствует профилактике ожирения. Энергетическая ценность сыворотки составляет 36 % к цельному молоку<sup>1</sup>.

Анализ рынка отечественных продуктов [3] показал, что недостаточно развит ассортимент кисломолочных напитков, сквашенных ацидофильной молочнокислой палочкой. К разряду этих продуктов можно отнести аципол, ацидофилин, ацидофильное молоко.

Между тем лечебные свойства ацидофильной молочнокислой палочки превосходят ряд других пробиотиков. Попадая в пищеварительный тракт, она начинает продуцировать антибиотики (никозин, лактопин, лизин, низин), подавляющие процессы гниения. Сама же бактерия ацидофильной молочнокислой палочки устойчива ко многим лекарственным антибиотикам. Данное свойство очень ценно для человека, поскольку ацидофильные продукты способны сохранять микрофлору кишечника во время и после приема антибиотиков и радиотерапии (облучение при онкологических заболеваниях).

Практически отсутствуют на молочном рынке продукты с повышенной антиоксидантной активностью. Вместе с тем многочисленными исследованиями доказана роль антиоксидантов в инактивации свободных радикалов, вызывающих различные патологические процессы в организме человека. Как известно [4], антиоксиданты являются стабилизаторами биологических мембран и инактивируют свободные радикалы, препятствуя развитию цепных свободнорадикальных процессов окисления молекулярным кислородом органических соединений.

Окислительный стресс играет важную роль в возникновении и развитии широкого круга патологических процессов и заболеваний. Показана роль окислительного стресса в развитии сердечно-сосудистых [5; 6], онкологических заболеваний [7], болезней нервной системы, в процессах старения и развития болезни Альцгеймера [8], в усилении неблагоприятных эффектов загрязнения окружающей среды.

Особая роль в инактивации свободных радикалов отводится витаминам С, Е, группы В, каротиноидам, флавоноидам, антоцианам [9].

Биофлавоноиды, чрезвычайно распространенные в растительном мире, обладают широким спектром биологической активности и прежде всего, детоксицирующим и антиоксидантным действием. Они являются регуляторами активности ферментов разных классов, агонистами и антагонистами рецепторов. С этим связан исключительно широкий спектр их фармакологической активности. Поэтому использование природных антиоксидантов в виде растительных биофлавоноидов чрезвычайно перспективно.

Цель данных исследований – разработать рецептуры и технологию производства кисломолочного напитка с повышенным содержанием сывороточных белков и водорастворимых антиоксидантов.

## Материалы и методы

Объектами данных исследований являлись: молоко нормализованное, восстановленное обезжиренное, сыворотка подсырная, концентрат сывороточного белка (КСБ), экстракты и настои фиточаев из плодов софоры японской (СЯ) и цветков гибискуса (Г), ацидофильная молочнокислая палочка.

В качестве обогатителя белка использовали КСБ "Лактомин-80" производства Германии с массовой долей белка  $78,7 \pm 0,8$  %, массовой долей жира  $4 \pm 0,5$  %, массовой долей лактозы  $4,7 \pm 1,0$  % и титруемой кислотностью  $17,7 \pm 1,5$  %.

Для обогащения напитка природными антиоксидантами – флавоноидами, полисахаридами, пектиновыми веществами, витаминами – использовали фиточай из плодов софоры японской (ТУ 9185-066-14721358-15<sup>2</sup>) и фиточай из цветков гибискуса (ТУ 9185-015-57345339-05<sup>3</sup>). Основанием для их выбора послужили данные института питания [10]. Показано, что в фиточае из СЯ и Г содержится 5,14 % дубильных веществ, 9,87 % флавоноидов; 6,6 % растворимых пищевых волокон (ПВ).

Согласно литературным данным<sup>4</sup> СЯ восстанавливает эластичность сосудистых стенок, снижает уровень артериального давления, очищает сосуды от "плохого" холестерина, нормализует уровень сахара в крови, регулирует обменные процессы в организме, улучшает кровоснабжение тканей, уменьшает отеки суставов, оздоравливает ЖКТ, укрепляет иммунитет. Лечебные свойства объясняются ее химическим составом, представленным алкалоидами, рутином, витамином С, органическими кислотами, эфирными маслами. Плоды софоры в период созревания имеют в своем составе, помимо рутина, флавоноиды, которые относятся к производным кверцетина и кемпферола. Благодаря положительному действию на систему кровоснабжения софора незаменима при лечении сахарного диабета, предотвращает развитие осложнений заболевания, включая диабетический атеросклероз.

В традиционной медицине настои СЯ используют для лечения облитерирующего эндартериита с нарушением кровоснабжения голени и стопы, при стенокардии, гипертонии, для лечения атеросклероза.

<sup>1</sup> URL: <http://bezvreda.com/syvorotka-polza-i-nichego-krome-polzy/>.

<sup>2</sup> ТУ 9185-066-14721358-15. Биологически активная добавка к пище "Плоды софоры" (Fructus Sophorae japonicae). 2015.

<sup>3</sup> ТУ 9185-015-57345339-05. Чайные напитки "Беловодье". 2005.

<sup>4</sup> URL: <http://zdoroviebl.ru/rasteniya/sofora-yaponskaya>.

Гибискус (суданская роза) известен своими лечебными свойствами со времен древнего Египта<sup>5</sup>. Он содержит большое количество органических кислот: яблочную, винную, лимонную, аскорбиновую. Они повышают иммунитет, способствуют снижению холестерина, очищают сосуды, снабжают организм энергией. Аскорбиновая кислота улучшает защитные функции клетки. Микроэлементы К, Са, Mg, Р, Na, Fe, Cu, Zn обеспечивают бесперебойное протекание биохимических процессов в организме. Биологически активные вещества в виде флавоноида кверцетина выводят шлаки, предотвращают старение. Антоцианы гибискуса повышают эластичность стенок кровеносных сосудов, препятствуют отложению жира в теле человека. Витамины А, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>12</sub>, Р поддерживают жизненно важные функции. Фитостеролы гибискуса способствуют уменьшению риска заболевания онкологией. Природный кантоприл нормализует обменные процессы. Пектин гибискуса очищает кишечник от солей тяжелых металлов, а полисахариды повышают устойчивость к вирусам.

Цветки гибискуса усиливают отток желчи, создают мягкий мочегонный эффект; оказывают антиоксидантное, бактерицидное действие, останавливают кровотечение; нормализуют сократительную функцию сердца; выводят шлаки, лишние жиры, отложения холестерина за счет улучшения состава крови и работы печени; способствуют укреплению иммунитета.

Содержание жира, белка, углеводов, титруемую кислотность определяли стандартизованными методами.

Содержание водорастворимых антиоксидантов (АОА) определяли амперометрическим методом, основанном на измерении силы электрического тока, возникающего при окислении молекул антиоксиданта на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале, который после усиления преобразуется в цифровой сигнал. Измерения проводили на приборе "Цвет Яуза – 01-АА". Перед началом работы проводили градуировку прибора по галловой кислоте. Суммарную концентрацию водорастворимых антиоксидантов исследуемого образца определяли по градуировочному графику галловой кислоты.

Активную кислотность (рН) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh) определяли на рН-метре-иономере "Эксперт-001".

Энергетическую ценность напитка рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E} = 9 \cdot \mathcal{J} + 4 \cdot (\mathcal{B} + \mathcal{Y}) \text{ ккал/кДж,}$$

где Ж – массовая доля жира; Б – массовая доля белка; У – массовая доля углеводов.

## Результаты и обсуждение

Первоначально напитки кисломолочные вырабатывали из нормализованного молока с массовой долей жира 3,2 % и массовой долей белка 2,9 % [11].

В качестве обогатителя белка применяли концентрат сывороточного белка – "Лактомин-80".

Ранее при разработке напитков пастеризованных в качестве обогатителя белка использовали СОМ и сухую подсырную сыворотку [12]. В рецептуру напитка кисломолочного вводили от 1 до 2 % КСБ, что увеличивало концентрацию сывороточных белков в продукте примерно на 0,78–1,56 г.

При этом получали напиток с консистенцией термостатного йогурта, без отделения сыворотки, с мягким кисломолочным вкусом.

Для усиления функциональных свойств напитка в рецептуру вводили экстракты фиточаев, которые готовили согласно рекомендациям производителя. Пять грамм плодов СЯ заливали 200 мл кипящей воды, настаивали 15 мин, отфильтровывали через лавсановый фильтр. Полученные экстракты хранили в холодильнике.

Активная кислотность экстракта СЯ соответствовала 8,29 единицам рН в отличие от питьевой воды с рН = 8,34. Кислотность экстракта СЯ, близкая к нейтральному значению, не оказывала влияния на термоустойчивость белковой фазы молока.

Активная кислотность экстракта гибискуса соответствовала 2,46 единицам рН. При этом титруемая кислотность экстракта составляла 50 °Т. Смесь экстрактов СЯ и Г при соотношении 1 : 1 имела активную кислотность, равную 2,77 единицам рН.

Эмпирическим путем было установлено, что количество вводимого водного экстракта из плодов СЯ и цветков гибискуса в молочную основу не превышает 10 %. При этом учитывали не только возможность коагуляции сывороточных белков в процессе пастеризации смеси, но и стоимостные характеристики фиточаев.

Перед сквашиванием молочную смесь (молоко + КСБ + экстракт фиточаев) пастеризовали при температуре  $87 \pm 2$  °С с выдержкой 5–7 мин. Пастеризованную смесь охлаждали до температуры заквашивания, вносили ацидофильную закваску и сквашивали в термостате при температуре  $38 \pm 1$  °С. В процессе сквашивания молока и молочных композиций исследовали динамику изменения окислительно-восстановительных показателей.

В табл. 1 показаны изменения титруемой и активной кислотности молочных композиций.

<sup>5</sup> URL : <http://okeydoc.ru/gibiskus-polza-i-vred/>.

Таблица 1. Динамика изменения показателей кислотности молочных композиций в процессе сквашивания

Table 1. Dynamics of acidity values of dairy formulations during fermentation process

Состав молочной композиции	рН / титруемая кислотность, °Т				
	Время сквашивания, ч				
	фон	1	2	3	24
Молоко + закв. (контр.)	6,2 / 22	4,8 / 38	4,5 / 58	3,9 / 80	3,8 / 84
Молоко + КСБ + закваска	5,98 / 27	4,9 / 57	4,5 / 74	3,9 / 97	4,1 / 73
Молоко + экстракт (Г : СЯ) + закваска	6,0 / 23	4,7 / 55	4,4 / 57	3,8 / 68	4,0 / 75
Молоко + КСБ + экстракт чая (Г : СЯ) + закваска	5,8 / 35	4,7 / 60	4,3 / 84	3,7 / 95	3,9 / 86

Результаты исследований показали, что введение в рецептуру напитка КСБ в большей степени, относительно контроля, влияет на титруемую кислотность. Так, уже через 1 ч ферментации в композиции с КСБ титруемая кислотность достигает 57 °Т. Практически аналогичная кислотность (58 °Т) достигается в контроле через 2 ч. При этом титруемая кислотность молока с КСБ составляет 74 °Т, что указывает на окончание процесса сквашивания.

Полученные данные согласуются с результатами других авторов и подтверждают, что введение в молочную основу концентрата сывороточного белка интенсифицирует процесс сквашивания молока ацидофильной молочнокислой палочкой [13].

Экстракты фиточаев СЯ и Г в составе молочной композиции в большей степени влияют на активную кислотность напитка в процессе сквашивания, что можно объяснить преобладанием органических кислот в смеси фиточаев.

Увеличение титруемой кислотности в композиции с фиточаями происходит медленнее в сравнении с предыдущими композициями. Через 24 ч титруемая кислотность достигла 75 °Т. При этом антиоксидантная активность (АОА), соответствующая  $0,05 \pm 0,01$  мг/г, превышала АОА контроля  $0,04 \pm 0,01$  мг/г на 25 %. Следовательно, водные экстракты фиточаев СЯ и Г увеличивают содержание водорастворимых антиоксидантов в молочной композиции.

Комплексное введение КСБ и экстрактов фиточаев в молочную основу значительно изменяет активную и титруемую кислотность, одновременно интенсифицируя процесс сквашивания.

Примечательно, что после изъятия из термостата по истечении 3 ч и дальнейшем хранении в холодильнике при температуре  $4 \pm 1$  °С активная кислотность напитков с КСБ возрастает, а титруемая уменьшается. В напитке с фиточаями титруемая кислотность увеличивается. Можно предположить, что присутствие растительных водорастворимых антиоксидантов стимулирует продуцирование молочной кислоты в условиях низких температур.

Исследование органолептических свойств молочных композиций показало, что введение водных экстрактов фиточаев придает слабый водянистый привкус и в определенной степени снижает содержание сывороточных белков.

С этой целью были изучены процессы экстракции фиточаев в подсырную сыворотку с активной кислотностью 6,2–6,3 рН. Исследованы различные гидромодули (чай : сыворотка), температурные факторы, время экстракции. Экспериментальным путем установили, что оптимальный гидромодуль соответствует значению 1 : 100, при нерегулируемой температуре и времени контакта от 30 до 60 мин.

Настой чаев готовили следующим образом: раздробленные в шаровой мельнице плоды СЯ или цветки гибискуса заливали подсырной сывороткой; колбу с фиточаем помещали на встряхивающий аппарат. По истечении указанного времени экстракт отфильтровывали через лавсановый фильтр и определяли в нем содержание водорастворимых антиоксидантов (АОА). В табл. 2 представлены показатели АОА настоев чаев в сыворотке и для сравнения – в воде.

Таблица 2. Антиоксидантная активность настоев фиточаев в нативной подсырной сыворотке и охлажденной кипяченой воде

Table 2. Antioxidant activity of phytotea in sweet cheese whey and cooled boiled water

Наименование экстракта	Антиоксидантная активность, мг/100 г
Настой гибискуса в сыворотке	$8,0 \pm 2,0$ (рН 4,33)
Настой гибискуса в воде	$7,2 \pm 2,0$
Настой плодов софоры японской в сыворотке	$9,2 \pm 3,0$ (рН 6,17)
Настой плодов софоры японской в воде	$10,0 \pm 2,0$
Смесь настоев плодов софоры японской и цветков гибискуса (1 : 1) в сыворотке	$7,7 \pm 2,1$ (рН 3,5)

Примечание. АОА сыворотки подсырной –  $0,5 \pm 0,1$  мг/100 г.

Из данных таблицы следует, что при нерегулируемой (комнатной) температуре экстракция водорастворимых антиоксидантов из фиточаев происходит интенсивно как в подсырную сыворотку, так и в водную среду.

АОА настоев фиточаев в сыворотке превышает АОА самой сыворотки в 15–18 раз.

В дальнейших исследованиях при проектировании рецептуры напитка кисломолочного с повышенным содержанием сывороточных белков и водорастворимых антиоксидантов применяли смесь настоев плодов СЯ и цветков Г в подсырной сыворотке [14]. В качестве молочной основы использовали восстановленное обезжиренное молоко. Использование сухого обезжиренного молока (СОМ) наряду с КСБ и сухой подсырной сывороткой может обеспечить бесперебойное круглогодичное производство напитков кисломолочных с повышенным содержанием белков, в т. ч. в регионах с дефицитом молочного сырья. Многочисленными исследованиями показано, что СОМ является идеальной заменой натуральному молоку при дефиците последнего, являясь источником белка, аминокислот, минералов и витаминов. Минимальное количество жира или его полное отсутствие делает СОМ ценной составляющей диет для регулирования жирового обмена. СОМ считается отличным ингредиентом для приготовления спортивных белковых коктейлей.

В восстановленном обезжиренном молоке (ОМ) соотношение сывороточных белков к казеину составляет 1 : 4. В задачи наших исследований входило изменение этого соотношения в сторону увеличения сывороточных белков. С этой целью часть молока заменяли подсырной сывороткой (или настоями фиточаев в подсырной сыворотке). Дополнительным источником белка являлся КСБ.

В качестве закваски использовали кислотофильную молочнокислую палочку (невязкую) – *Lactobacillus Acidophilus* из коллекции ВНИМИ (штамм 632), которая используется для производства детских кисломолочных продуктов.

Для определения массовой доли КСБ в рецептуре напитка исследовали динамику изменения кислотности молочной смеси в процессе сквашивания (табл. 3).

Таблица 3. Динамика изменения активной и титруемой кислотности молочной смеси в процессе сквашивания

Table 3. Dynamics of native and titrated acidity of dairy mix during fermentation process

Состав молочной смеси	рН / титруемая кислотность, °Т					Время окончания сквашивания, ч
	Время сквашивания, ч					
	1	2	3	4	24	
ОМ + сыв. (контроль)	5,4 / 29	4,99 / 38	4,3 / 55	3,7 / 94	3,48 / 101	4,0
ОМ + сыв. + 1 % КСБ	5,1 / 32	4,5 / 53	3,7 / 65	3,38 / 133	3,24 / 119	3,0–3,5
ОМ + сыв. + 1,5 % КСБ	5,03 / 36	4,38 / 46	3,71 / 96	3,19 / 107	3,48 / 163	2,5–3,0
ОМ + сыв. + 2 % КСБ	5,38 / 39	4,92 / 47	4,19 / 90	3,7 / 142	–	2,5–3,0

Функциональная зависимость титруемой кислотности молочной смеси с различным содержанием КСБ от времени сквашивания, представленная уравнениями регрессии, оценивающими качество аппроксимации, т. е. степени близости расчетных и фактических значений, показана на рис. 1. Наибольшие коэффициенты аппроксимации получены в смеси с 2 % КСБ (0,993).

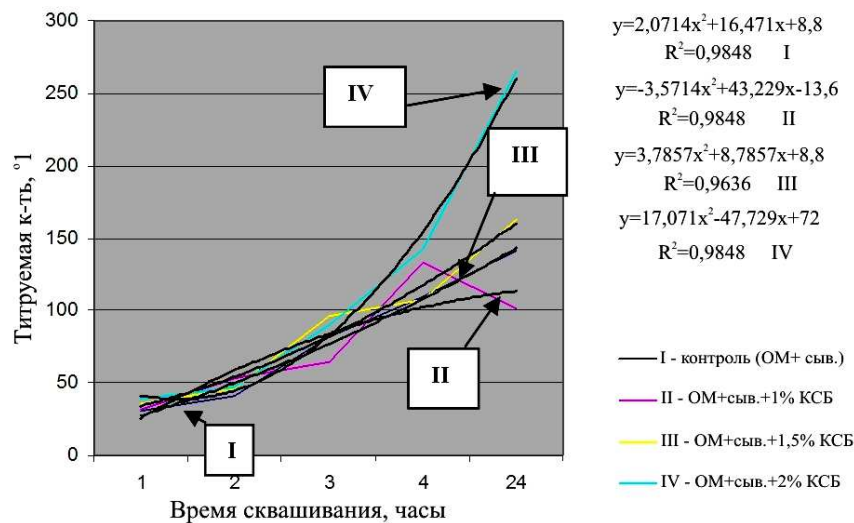


Рис. 1. Динамика изменения титруемой кислотности в процессе сквашивания кислотофильной молочнокислой палочкой

Fig. 1. Titrated acidity dynamics during inoculation with *Lactobacillus acidophilus*

Экспериментальным путем установлено, что введение 1,5–2 % КСБ в молочную смесь, также как и в случае с нормализованным молоком, ускоряет процесс сквашивания на 1 ч. Очевидно, что увеличение сывороточных белков стимулирует рост культур ацидофильной молочнокислой палочки.

Определены показатели окислительно-восстановительного потенциала (Eh) молочной смеси, оказывающие влияние на интенсивность протекания биохимических процессов и накопление вкусовых и ароматических веществ при производстве кисломолочных продуктов (табл. 4).

Таблица 4. Изменения активной кислотности и окислительно-восстановительного потенциала молочной смеси в процессе сквашивания

Table 4. Dynamics of active acidity and of dairy mix during fermentation process

Состав молочной смеси	Время сквашивания, ч				
	pH / Eh, mV				
	1	2	3	4	24
ОМ + сыв. (контр.)	5,4 / 231,2	4,99 / 256	4,3 / 299,5	3,7 / 329,2	3,48 / 334,2
ОМ + сыв. + 1 % КСБ	5,1 / 225,0	4,5 / 253,3	3,7 / 297,5	3,38 / 315,4	3,24 / 326,2
ОМ + сыв. + 1,5 % КСБ	5,03 / 229,7	4,38 / 265,0	3,71 / 300,1	3,19 / 327,9	3,48 / 333,6
ОМ + сыв. + 2 % КСБ	5,38 / 232,6	4,92 / 257,4	4,19 / 300,2	3,7 / 322	3,5 / 345,5

Результаты исследований показывают, что по истечении 3 ч ферментации ОВП всех образцов находится на уровне 300 mV, что характерно для свежего молока, обладающего слабовосстановительными свойствами. Далее происходит интенсивное нарастание кислотности.

Установлена обратная зависимость между pH и Eh: при уменьшении pH увеличивается ОВП.

Синергетические свойства и вязкостные показатели смеси с КСБ выше, чем без КСБ. Так, через 4 ч сквашивания количество выделенной сыворотки в контроле составило 18 мл/100 г продукта, с 1 % КСБ – 10 мл/100 г; с 1,5 % КСБ – 9 мл/100 г; с 2 % КСБ – 4 мл/100 г. Вязкость напитков с 1,5–2 % КСБ повышается на 57–70 % в сравнении с контролем.

Технология приготовления напитка с КСБ, предусматривающая пастеризацию, охлаждение и сквашивание, обеспечивает улучшение структурно-механических показателей при одновременном повышении титруемой кислотности. Однако показатель титруемой кислотности не совпадает с органолептической оценкой.

Продукт, выработанный с КСБ (1,5–2 %), обладает нежным кисломолочным вкусом, в то время как контроль – острой, ярко выраженной кислотностью. Вероятно, это обусловлено увеличением буферной емкости при добавлении сывороточных белков.

Введение в рецептуру напитка настоев фиточаев из плодов софоры японской и цветков гибискуса в сыворотке усиливает функциональные свойства продукта, повышает содержание водорастворимых антиоксидантов.

Разработанные напитки, сквашенные ацидофильной молочнокислой палочкой, отличаются повышенной биологической ценностью, что подтверждается показателями антиоксидантной активности (АОА) исследуемых продуктов (табл. 5).

Таблица 5. Содержание водорастворимых антиоксидантов в молочном сырье и напитках с КСБ и настоями фиточаев

Table 5. Water-soluble antioxidant content in dairy raw materials and drinks with WPC and phytotea extracts

Состав продукта	АОА, мг/100 г
Сыворотка подсырная	0,5 ± 0,1
Молоко обезжиренное восстановленное	1,7 ± 0,5
ОМ + сыв-ка + закваска ацидофильная	2,5 ± 0,7
ОМ + настой Г : СЯ (1 : 1) в сыворотке + закваска ацидофильная	3,6 ± 1,0
ОМ + КСБ + сыв-ка + закваска ацидофильная	4,7 ± 1,3
ОМ + КСБ + настой Г : СЯ (1 : 1) в сыворотке + закваска ацидофильная	5,1 ± 1,4

Из данных таблицы следует, что при сквашивании молока обезжиренного (ОМ) ацидофильной молочнокислой палочкой (при условии частичной замены молока подсырной сывороткой) АОА напитка возрастает примерно в 1,5 раза относительно ОМ. Очевидно, что это обусловлено антиоксидантами, продуцируемыми ацидофильной молочнокислой палочкой.

Введение в состав продукта сывороточных настоев фиточаев из плодов СЯ и Г повышает содержание водорастворимых антиоксидантов в напитке на 44 %.

Полученные данные коррелируют с АОА настоев фиточаев, витамины, флавоноиды и антоцианы которых обогащают напиток природными антиоксидантами. Наибольшее влияние на АОА напитка оказывает КСБ. Очевидно, это обусловлено высоким содержанием в нем бета-лактоглобулина и альфа-лактоальбумина, обладающих антиоксидантными свойствами.

Сочетание в составе напитка настоев фиточаев с концентратом сывороточного белка увеличивает содержание водорастворимых антиоксидантов относительно продукта с сывороткой в 2 раза. На рис. 2 наглядно продемонстрировано влияние пищевых добавок на АОА напитков кисломолочных.

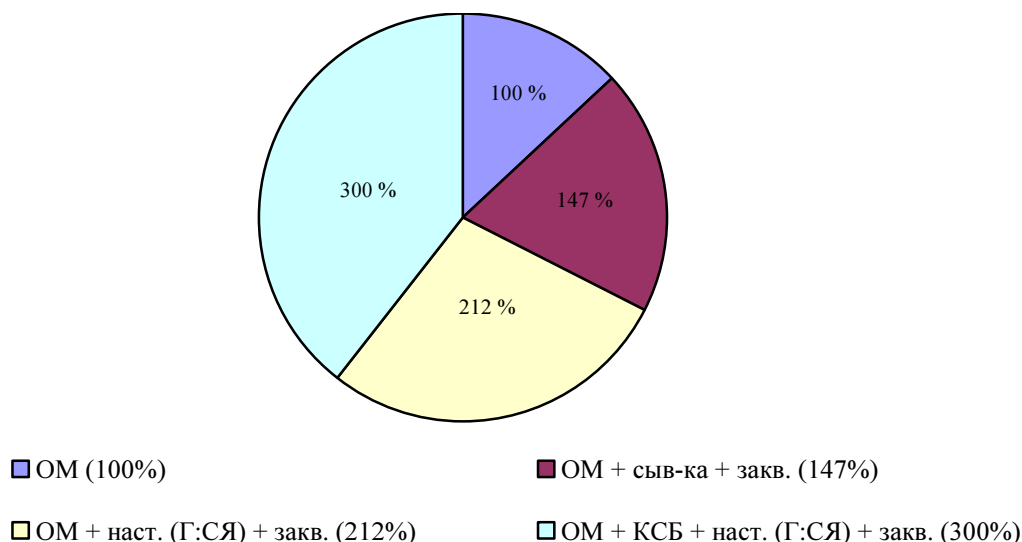


Рис. 2. Содержание водорастворимых антиоксидантов в ОМ и кисломолочных напитках  
Fig. 2. Water-soluble antioxidant content in skim milk and fermented drinks

По органолептическим показателям напиток кисломолочный с КСБ отличается однородной, густой, без отделения сыворотки консистенцией с преобладанием легкого кисломолочного вкуса. При введении настоев фиточаев напиток приобретает слабо-розовый цвет, более жидкую консистенцию, фруктово-молочный вкус.

Изучены физико-химические показатели разработанных напитков (табл. 6).

Таблица 6. Физико-химические показатели напитков кисломолочных с повышенным содержанием сывороточных белков и водорастворимых антиоксидантов  
Table 6. Physico-chemical parameters of fermented drinks supplemented with whey proteins and water-soluble antioxidants

Состав продукта	Показатели, %			рН / титр. к-ть, °Т	Энергетическая ценность, ккал/кДж
	м.д. белка	м.д. жира	м.д. углеводов		
Нормализов. молоко + КСБ + закваска (I)	4,2	3,05	4,46	4,49 / 74	62,1/259,9
ОМ + КСБ + настои фиточаев + закваска (II)	4,1	0,8	10,8	4,8 / 91	66,8/279,7

В разработанных кисломолочных напитках увеличено содержание легкоусвояемых биологически полноценных сывороточных белков. В отличие от нативного молока, где соотношение казеин : сывороточные белки (с/б) соответствует значению 4 : 1, в рецептуре (I) – к : с/б = 1 : 1,02; в рецептуре (II) – к : с/б = 1 : 1,2.

### Заключение

Разработаны технология и рецептуры низкокалорийных напитков кисломолочных на основе нормализованного, восстановленного обезжиренного молока и подсырной сыворотки, обогащенных сывороточными белками и природными антиоксидантами. Установлено, что введение в рецептуру концентрата сывороточного белка улучшает структурно-механические и органолептические показатели, сокращает время сквашивания. Введение в молоко КСБ и сывороточных настоев фиточаев плодов СЯ и цветков гибискуса изменяет соотношение молочных белков в напитке, приближая массовую долю сывороточных белков к массовой доле казеина. Установлено, что КСБ и настои фиточаев в сочетании с ацидофильной закваской увеличивают содержание водорастворимых антиоксидантов относительно обезжиренного молока в 3 раза.

### Библиографический список

1. Донская Г. А., Асафов В. А., Андреева Е. А. Влияние пищевых добавок в составе молочного десерта на антиоксидантную активность биообъектов // *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 4. С. 5–11.
2. Храпцов А. Г. Молочная сыворотка. М. : Пищевая промышленность, 1979. 271 с.
3. Смирнова Е. А., Кочеткова А. А. Рынок функциональных молочных продуктов // *Молочная промышленность*. 2011. № 2. С. 63–67.
4. Тутельян А. А., Алексеева И. А. Витамины антиоксидантного ряда: обеспеченность населения и значение в профилактике хронических заболеваний // *Клиническая фармакология и терапия*. 1995. Т. 4, № 1. С. 90–92.
5. Спиричев В. Б. Витамины-антиоксиданты в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний, витамин Е // *Вопросы питания*. 2003. Т. 72, № 6. С. 45–51.
6. Yokoyama M. Oxidant stress and atherosclerosis // *Current Opinion in Pharmacology*. 2004. V. 4, Iss. 2. P. 110–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coph.2003.12.004>.
7. Плещитый К. Д., Мартинчик А. Н. Витамины антиоксидантного действия и рак толстой и прямой кишки // *Вопросы питания*. 2003. Т. 72, № 1. С. 44–47.
8. Luchsinger J. A., Tang M.-X., Shea S., Mayeux R. Antioxidant vitamin intake and risk of Alzheimer disease // *Archives of Neurology & Psychiatry*. 2003. V. 60, Iss. 2. P. 203–208.
9. Макаров В. Г., Макарова М. Н., Селезнева А. И. Изучение механизма антиоксидантного действия витаминов и флавоноидов // *Вопросы питания*. 2005. Т. 74, № 1. С. 10–13.
10. Беркетова Л. В., Кошелева О. В. Содержание флавоноидов, дубильных веществ и пищевых волокон в некоторых видах растительного чая // *Вопросы питания*. 2010. Т. 79, № 4. С. 15–20.
11. Донская Г. А., Дрожжин В. М., Брызгалина В. В. Напитки кисломолочные лечебно-профилактической направленности // *Продовольственная безопасность в контексте новых идей и решений : материалы междунар. науч.-практ. конф., Семей, 10 марта 2017 г. Семей : ГУ им. Шакарима, 2017. С. 266–269.*
12. Донская Г. А., Дрожжин В. М. Напитки молочные с повышенным содержанием белка // *Переработка молока*. 2017. № 2. С. 22–25.
13. Способ производства ацидофильного молока : пат. 2025073 Рос. Федерация / Урбене С. К., Ляскаускайте Д. Б. ; № 4946287/13, заявл. 17.06.1991 ; опубл. 30.12.1994.
14. Донская Г. А., Дрожжин В. М., Морозова В. В., Брызгалина В. В. Напитки кисломолочные, обогащенные сывороточными белками // *Молочная промышленность*. 2017. № 6. С. 68–70.

### References

1. Donskaya G. A., Asafov V. A., Andreeva E. A. Vliyaniye pischevykh dobavok v sostave molochnogo deserta na antioksidantnyuyu aktivnost bioob'ektov [Effect of food additives as part of dairy dessert on antioxidant activity of biological objects] // *Tehnika i tehnologiya pischevykh proizvodstv*. 2016. N 4. P. 5–11.
2. Hramtsov A. G. Molochnaya syvorotka [Milk whey]. M. : Pischevaya promyshlennost, 1979. 271 p.
3. Smirnova E. A., Kochetkova A. A. Rynok funktsionalnykh molochnykh produktov [Functional milk product market] // *Molochnaya promyshlennost*. 2011. N 2. P. 63–67.
4. Tutelyan A. A., Alekseeva I. A. Vitaminy antioksidantnogo ryada: obespechennost naseleniya i znachenie v profilaktike hronicheskikh zabolevaniy [Antioxidant vitamins: population security and importance in the prevention of chronic diseases] // *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*. 1995. V. 4, N 1. P. 90–92.
5. Spirichev V. B. Vitaminy-antioksidanty v profilaktike i lechenii serdechno-sosudistykh zabolevaniy, vitamin E [Vitamins-antioxidants in prophylaxis and treatment of cardiovascular disease, vitamin E] // *Voprosy pitaniya*. 2003. V. 72, N 6. P. 45–51.
6. Yokoyama M. Oxidant stress and atherosclerosis // *Current Opinion in Pharmacology*. 2004. V. 4, Iss. 2. P. 110–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coph.2003.12.004>.
7. Pletsityi K. D., Martinchik A. N. Vitaminy antioksidantnogo deystviya i rak tolstoy i pryamoy kishki [Antioxidant vitamins and cancer of colon and large intestine] // *Voprosy pitaniya*. 2003. V. 72, N 1. P. 44–47.
8. Luchsinger J. A., Tang M.-X., Shea S., Mayeux R. Antioxidant vitamin intake and risk of Alzheimer disease // *Archives of Neurology & Psychiatry*. 2003. V. 60, Iss. 2. P. 203–208.
9. Makarov V. G., Makarova M. N., Selezneva A. I. Izuchenie mehanizma antioksidantnogo deystviya vitaminov i flavonoidov [Study of antioxidant action mechanism by vitamins and flavonoids] // *Voprosy pitaniya*. 2005. V. 74, N 1. P. 10–13.
10. Berketova L. V., Kosheleva O. V. Soderzhanie flavonoidov, dubilnykh veschestv i pischevykh volokon v nekotorykh vidakh rastitelnogo chaya [Flavonoid and fiber composition in several types of plant teas] // *Voprosy pitaniya*. 2010. V. 79, N 4. P. 15–20.



11. Donskaya G. A., Drozhzhin V. M., Bryzgalina V. V. Napitki kislomolochnye lechebno-profilakticheskoy napravlenosti [Fermented functional drinks] // *Prodovolstvennaya bezopasnost v kontekste novyh idey i resheniy* : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Semey, 10 marta 2017 g. Semey : GU im. Shakarima, 2017. P. 266–269.

12. Donskaya G. A., Drozhzhin V. M. Napitki molochnye s povyshennym sodержaniem belka [Dairy drinks supplemented with protein] // *Pererabotka moloka*. 2017. N 2. P. 22–25.

13. Sposob proizvodstva atsidofilnogo moloka [The method of Acidopholus milk production] : pat. 2025073 Ros. Federatsiya / Urbene S. K., Lyaskauskayte D. B. ; N 4946287/13, zayavl. 17.06.1991 ; opubl. 30.12.1994.

14. Donskaya G. A., Drozhzhin V. M., Morozova V. V., Bryzgalina V. V. Napitki kislomolochnye, obogaschennye syvorotochnymi belkami [Fermented drinks enriched with whey proteins] // *Molochnaya promyshlennost*. 2017. N 6. P. 68–70.

#### **Сведения об авторах**

**Донская Галина Андреевна** – ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, д-р биол. наук, ст. науч. сотрудник; e-mail: vnimi@bk.ru

**Donskaya G. A.** – 35/7, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093; All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Dr of Biol. Sci., Senior Researcher; e-mail: vnimi@bk.ru

**Дрожжин Виктор Михайлович** – ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ст. науч. сотрудник; e-mail: vnimi@bk.ru

**Drozhzhin V. M.** – 35/7, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093; All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Senior Researcher; e-mail: vnimi@bk.ru

**Брызгалина Виктория Владимировна** – ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, Россия, 115093; Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, студент; e-mail: vnimi@bk.ru

**Bryzgalina V. V.** – 35/7, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093; All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Student; e-mail: vnimi@bk.ru

G. A. Donskaya, V. M. Drozhzhin, V. V. Bryzgalina

### **Fermented drinks supplemented with whey proteins and water-soluble antioxidants**

Technology and formulations of fermented dairy drinks supplemented with easily digestible whey proteins and water-soluble natural antioxidants have been developed to increase functional product range. *Lactobacillus acidophilus* has been used as a probiotic strain with expressed antibiotic activity. Whey protein concentrated (WPC) has been used as an additional source of protein. Variation in redox values, such as pH, titrated acidity, redox potential (Eh) has been used to estimate mass content of WPC in formulation during fermentation process. Based on approximation coefficients obtained while studying functional correlation between titrated acidity and fermentation time, and organoleptic profile, optimal concentration of WPC has been determined. It has been demonstrated that combination of WPC with probiotic culture decreased fermentation time by 1hr, improves structural properties of the product and increases water-soluble antioxidant concentration. In order to provide prebiotic properties to the drink, phytotea extracts of *Sophora japonica* and hibiscus flowers have been introduced into the formulation. Phytotea extraction protocols with the use of whey and water have been developed. Antioxidant activity of tea extracts and infusions along with their active and titrated acidity has been studied. Plant infusion impact on acidity dynamics during fermentation has been evaluated. The research has demonstrated that combination of phytotea with WPC inoculated with *Lactobacillus acidophilus* provides 3-fold increase in antioxidant activity of the product. Therefore, our low-fat, 0 % sugar product supplemented with natural antioxidants can be used as a good source of extra protein and recommended for people with active life style to improve antioxidant protection, for decreasing risk of cardiovascular diseases and normalization of lipid metabolism.

**Key words:** normalized milk, skim milk, sweet whey, skim milk concentrated, phytotea infusion, antioxidant activity, *Lactobacillus acidophilus*, fermented drinks.