

Подорожня Ирина Викторовна, инженер, м.т.н.
РУП «Центр испытаний и сертификации ТООТ»
(Республика Беларусь, г.Минск)

Ветохин Сергей Сергеевич, доцент, к.ф.-м.н.
УО «Белорусский государственный технологический
университет» (Республика Беларусь, г.Минск)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОСТОКВАШ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В работе показаны результаты исследований некоторых физико-химических показателей ультрапастеризованного молока, простокваши, изготовленных резервуарным, термостатным способами и полученных в лабораторных условиях с использованием отечественной сухой закваски молочнокислых микроорганизмов.

Продемонстрированы графические результаты ферментации молочной смеси, приведшие к понижению температуры замерзания и рН, увеличению титруемой кислотности и удельной электропроводности.

Существенных различий в результате проведенной сравнительной оценки исследуемых физико-химических показателей готовых продуктов с продуктами, изготовленными в лабораторных условиях, не обнаружено.

Ключевые слова: простокваша, температура замерзания, кислотность, удельная электропроводность.

Podorozhnyaya Irina Viktorovna, engineer, research assistant
Centre of Tests and Certification TOOT (Republic of Belarus, Minsk)
Vetokhin Sergey Sergeevitch, docent, Ph.D.
Belorussian State Technological University (Republic of Belarus, Minsk)

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF SOME PHYSICAL-CHEMICAL INDICES OF SOUR MILK PREPARED ON THE INDUSTRIAL SCALE AND IN LABORATORY

Abstract. The results of the studies of some physical-chemical indices of UHT milk, sour milk manufactured by stirred, set methods and produced in the laboratory conditions using the native dry starters of lactic acid bacteria are shown in the article.

The graphical results of milk mixture fermentation resulting in decrease of freezing temperature and pH, increase of titratable acidity and specific conductivity have been demonstrated.

There were no significant differences in the results of the carried out comparative evaluation of the studied physical-chemical indices of the finished products and the products prepared in the laboratory.

Key words: sour milk, freezing temperature, acidity, specific conductivity.

Введение. Государственное регулирование, конкуренция, высокие стандарты работы производителей пищевой продукции и требования потребителей уделяют большое внимание правильной организации и совершенствованию технологии создания продуктов, а также биохимических и физико-химических процессов, протекающих в молоке при выработке основных молочных продуктов. Данные действия направлены на предотвращение различных пороков, ухудшения качества готовых продуктов, максимальное сохранение и, при возможности, увеличение полезных свойств молока и кисломолочных продуктов.

В настоящее время в продаже большинства крупных продуктовых магазинов появились сухие бактериальные закваски молочнокислых микроорганизмов для приготовления различных кисломолочных продуктов в домашних условиях.

Способ приготовления простокваши в домашних условиях включает: внесение одного пакетика сухой закваски в 1-3 литра подготовленного молока температурой от 37 °С до 43 °С, находящегося в чистой емкости; сквашивание полученной смеси в теплом месте в течение 5-8 часов до образования густой консистенции; охлаждение продукта в холодильнике (2-3 часа).

Суть промышленного изготовления кисломолочных продуктов во многом аналогична, но, как правило, ведение технологического процесса производства простокваши осуществляется до достижения определенного уровня титруемой кислотности [1]. При этом используются два способа производства данного кисломолочного продукта: резервуарный и термостатный. При резервуарном методе производства сгусток продукта формируется в больших промышленных емкостях (резервуарах), в которых происходит перемешивание продукта, из-за чего сгусток разрушается, и консистенция готового пищевого продукта становится жидкой. Суть термостатного способа производства в том, что простокваша зреет непосредственно в упаковке, заполняющейся сгустком готового продукта равномерно. Вследствие чего термостатные кисломолочные продукты имеют густую консистенцию и нежный вкус.

Приводимые в литературных источниках физико-химические показатели простокваш ограничиваются, как правило, требованиями стандартов на данную продукцию – определению массовой доли белка, жира, сухих обезжиренных веществ молока (СОМО), титруемой и активной кислотностей, температуры при выпуске с предприятия [2,3].

Результаты исследований по этим параметрам готового и поступившего в розничную торговую сеть биохимически обработанного молока дают лишь приблизительную картину качества, поэтому нами был взят другой набор характеристик. Кроме того, данные о физико-химических показателях

кисломолочных продуктов, приготовленных в домашних или лабораторных условиях, их отличия от готовых кисломолочных продуктов, находящихся в торговой сети, в литературных источниках представлены недостаточно.

Целью данной работы была оценка некоторых физико-химических показателей простокваш, приготовленных в лабораторных и производственных условиях.

Отечественное ультрапастеризованное питьевое коровье молоко 2,5 % жирности и объемом 1000 мл в пластиковых бутылках перед внесением закваски подогревалось на водяной бане и имело температуру от 37 °С до 39 °С. Приготовление простокваш в лабораторных условиях проводилось путем ферментации ультрапастеризованного молока в потребительской таре с использованием отечественной сухой закваски молочнокислых микроорганизмов (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*), изготовленной РУП «Институт мясо-молочной промышленности», с дозой внесения 0,7 г (не менее 10⁹ КОЕ/г). Температура культивирования 37 °С, продолжительность – до получения одинаковых значений двух последовательных измерений титруемой кислотности хотя бы у одного из параллельных образцов (в одной партии сухой закваски).

Каждый пакетик сухой закваски пятикратно ополаскивался используемым ультрапастеризованным молоком с возвращением полученной смеси обратно в бутылку. Проводилось параллельное приготовление простокваши из двух пакетиков сухой закваски каждой из двух различных партий, приобретенных в торговой сети Минска. При отборе образцов молочной смеси содержимое бутылок тщательно перемешивалось (в закрытом состоянии), в том числе при образовании сгустка; закрытые бутылки возвращались в термостат. Все действия с молоком и закваской старались осуществлять, максимально избегая обсеменения заквашиваемого молока микроорганизмами извне.

Нами также были проведены исследования простокваш, в том числе термостатных, жирностью от 2,5 % до 4,0 % трех отечественных производителей в потребительской таре от 380 г до 500 г в розничной торговой сети Минска. Стоит отметить, что производители кисломолочных продуктов не указывали использованных заквасочных микроорганизмов на маркировке продукта.

Условия сохранения соответствовали указанной на маркировке продукта: до вскрытия упаковки кисломолочные продукты хранили при температуре от плюс 2 °С до плюс 6 °С, а перед проведением эксперимента образцы прогревались до температуры не менее 14 °С при комнатной температуре, за исключением определения влажности и содержания сухого вещества образца, где готовые продукты помещались на чашу прибора сразу после вскрытия потребительской тары.

Вследствие ничтожно малого влияния на измеряемые физико-химические показатели нами не исследовалось влияние жирности и белка готовых кисломолочных продуктов [1,4,5].

Методология исследований. Температуру замерзания молочных продуктов определяли криоскопическим методом с помощью миллиосмометра-криоскопа термоэлектрического МТ-5-01 (Буревестник, С.-Пб.). Удельную электропроводность измеряли настольным кондуктометром HI 2300 (HANNA Instruments, ФРГ) с автоматической температурной компенсацией (25 °С). Активную кислотность молочных продуктов определяли рН-метром HI 221 (HANNA Instruments, ФРГ) или рН-метром милливольтметром рН-150М (РБ), а титруемую кислотность – по [6]. Измерения рН проводились на указанных приборах с автоматической термокомпенсацией (25 °С). Плотность молока устанавливали по [7]. Измерения влажности и содержания сухого вещества образцов проводили ускоренным методом влагомером Radwag (Польша) с использованием высушенной фильтровальной бумаги. При этом был выбран стандартный профиль работы с температурой сушки 125 °С и автоматическим выключением при падении скорости потери массы ниже 1 мг за 120 с.

Анализ доли свободной воды вели методом точки росы на охлаждаемом зеркале путем измерения показателя «активность воды» (A_w) прибором Rotometer RM-10 (NAGY Messsysteme GmbH, ФРГ). Данный экспресс-метод не позволяет проводить измерения непосредственно в жидких образцах и для измерения показателя «активность воды» в жидкостях ими пропитывают стандартную матрицу (инертный пористый наполнитель – целлит). В настоящее время имеется несколько видов целлита, производство которого является энергоемким процессом, что обуславливает его высокую стоимость. Для проведения многочисленных опытов требуется большое количество целлита. Поэтому нами в [8] рассмотрены и описаны возможные для применения в исследовательских целях высоковлажных продуктов различные наполнители. В частности, весьма удобной матрицей оказалась измельченная фильтровальная бумага, которая применялась нами и в настоящей работе. Измерения проводились при температуре окружающей среды (25±1)°С; образцы выдерживались при данной температуре не менее 1 часа.

Массовую долю СОМО рассчитывали как разность между массовой долей сухого вещества и массовой долей жира, указанного на потребительской таре продукта.

Исследования проводились в трех-пятикратной повторности. Результаты обрабатывались методами расчета статистической достоверности измерений с использованием программ Microsoft Excel.

В таблице 1 приведены средние значения некоторых физико-химических показателей ультрапастеризованного питьевого коровьего молока в каждой потребительской таре (бутылке) перед внесением сухой закваски.

Норма для титруемой кислотности ультрапастеризованного питьевого коровьего молока жирностью 2,5 % в Республике Беларусь составляет не более 18 °Т, а плотность – не менее 1026 кг/м³. Массовая доля СОМО (не менее 8,0 %) не является обязательно нормируемым и контролируемым показателем и устанавливается по усмотрению изготовителя. В целом титруемая кислотность, плотность и СОМО соответствовали требованиям стандартов.

Отечественными стандартами предусмотрено определение температуры замерзания при закупках сырого молока, которая для молока любого сорта должна составлять не выше минус 0,520 °С. Однако если отсутствуют условия для определения температуры замерзания сырого молока, то разрешено проводить определение показателя «плотность».

Таблица 1 – Средние значения физико-химических показателей молока ультрапастеризованного для образцов простокваш до внесения закваски

Показатели	Номер образца простокваши			
	1	2	3	4
Время сквашивания, ч	0	0	0	0
Температура замерзания, °С	-0,510±0,009	-0,510±0,009	-0,519±0,008	-0,516±0,009
Титруемая кислотность, °Т	17,0±1,0	17,0±1,0	17,3±1,1	16,5±1,4
Удельная электропроводность, мСм/см	5,03±0,05	5,13±0,05	5,08±0,05	5,16±0,05
pH	6,83±0,07	6,84±0,07	6,82±0,07	6,82±0,07
A_w	0,991±0,021	0,991±0,022	0,958±0,021	0,985±0,021
Плотность, кг/м ³	1029,5±0,5	1028,8±0,5	1028,6±0,5	1028,6±0,5
Содержание влаги, %	89,44±0,27	89,52±0,07	89,75±0,10	89,58±0,07
СОМО, %	8,06±0,27	7,98±0,06	7,75±0,09	7,92±0,06

Удельная электропроводность, pH, «активность воды», влажность ни в сыром, ни в термообработанном молоке законодательно не нормируются.

Причины более высоких значений температуры замерзания у термообработанного молока по сравнению с сырым многочисленны: химический состав получаемого молока-сырья; сбор молока определенного состава, и соответственно, качества на перерабатывающем предприятии для производства конкретного вида продукции; отработка технологических режимов производства; оснащение современным высокопроизводительным оборудованием; возраст, порода животного, рацион кормления, содержание, период лактации, состояние здоровья и т. п.

Хотя, по нашему мнению, максимальный вклад во все происходящие явления составляют изменения физико-химических свойств молока при термической обработке. Это денатурации белков; выпадение минерального осадка вследствие перехода растворимых солей; попадание остаточной воды из оборудования в молоко; улетучивание растворенного CO₂ при использовании острого пара [1,4].

Значения законодательно не нормируемых показателей, в общем, соответствовали средним значениям данных показателей для сырого молока, приведенным в литературных источниках.

Полученные в ходе эксперимента графические зависимости температуры замерзания, титруемой кислотности, рН и удельной электропроводности молочной смеси в процессе ферментации приведены на рисунках 1-4. В таблице 2 приведены средние значения данных показателей простокваш, изготовленных в лабораторных условиях, при достижении одинаковых значений титруемой кислотности между двумя последовательными измерениями у хотя бы одного из параллельных образцов.

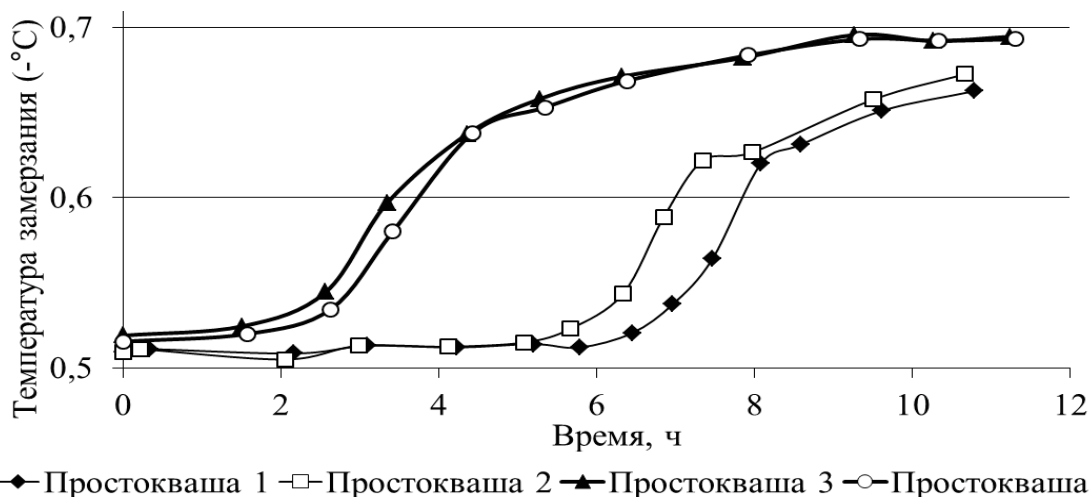


Рисунок 1 – Изменение температуры замерзания молочной смеси при культивировании

Несмотря на отсутствие разности между двумя последовательными измерениями титруемой и активной кислотности во всех культивируемых образцах температура замерзания и удельная электропроводность продолжали медленно понижаться и нарастать соответственно.

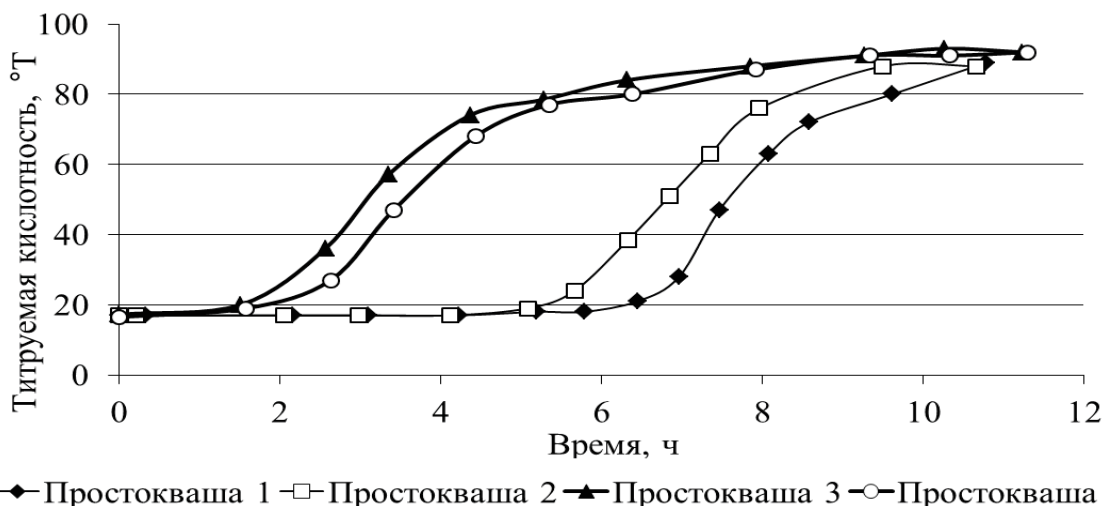
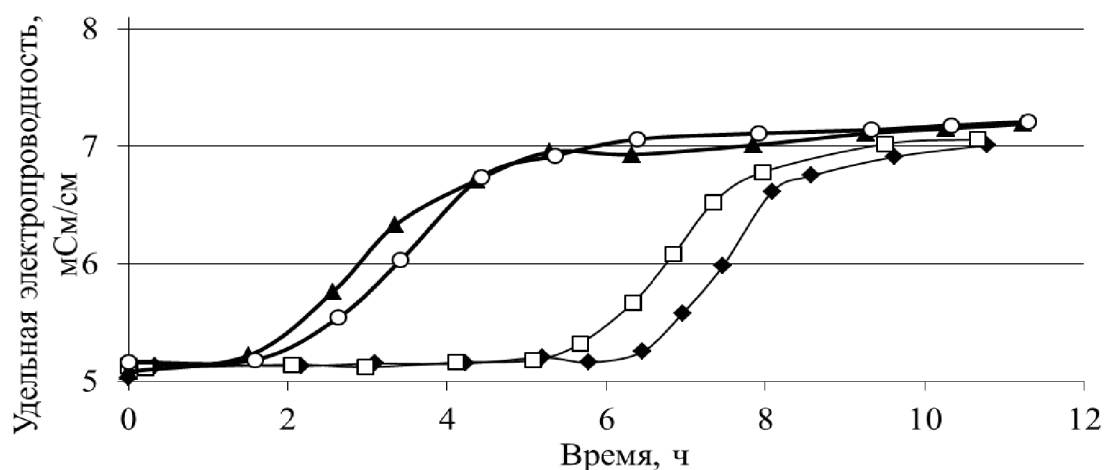
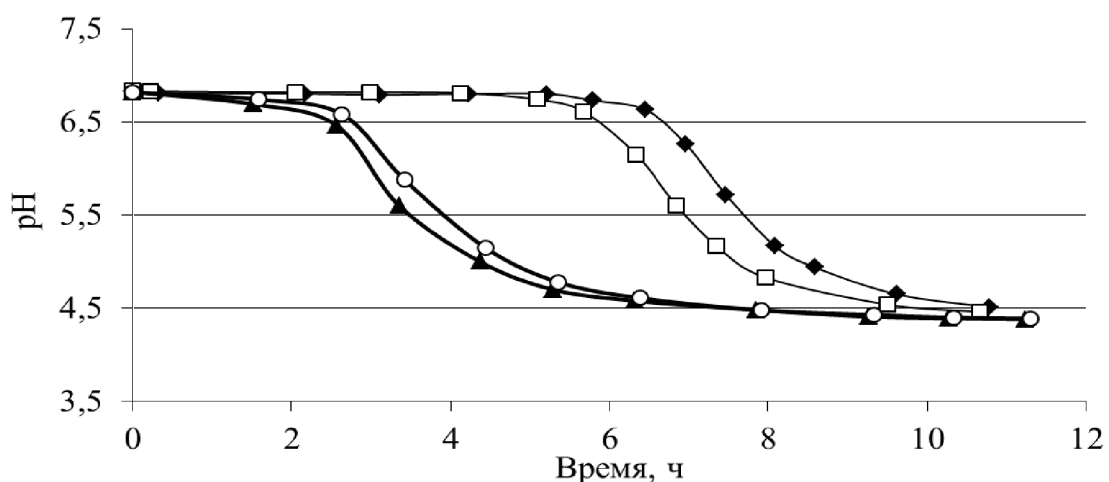


Рисунок 2 – Изменение титруемой кислотности молочной смеси при культивировании



◆ Простокваша 1 □ Простокваша 2 ▲ Простокваша 3 ○ Простокваша 4

Рисунок 3 – Изменение удельной электропроводности молочной смеси при культивировании



◆ Простокваша 1 □ Простокваша 2 ▲ Простокваша 3 ○ Простокваша 4

Рисунок 4 – Изменение активной кислотности молочной смеси при культивировании

Таблица 2 – Средние значения физико-химических показателей простокваш в конце сквашивания в лабораторных условиях

Показатели	Номер образца простокваша			
	1	2	3	4
Время сквашивания, ч	10,78	10,67	11,23	11,30
Температура заморозания, °С	-0,663±0,009	-0,673±0,008	-0,695±0,010	-0,693±0,008
Титруемая кислотность, °Т	89,0±1,0	88,0±1,0	92,0±1,0	92,0±1,0
Удельная электропроводность, мСм/см	7,01±0,07	7,06±0,07	7,19±0,07	7,21±0,07
рН	4,51±0,05	4,46±0,04	4,38±0,04	4,39±0,04

Измерения влажности, содержания СОМО и доли свободной влаги при ферментации молочной смеси не проводили, т.к. образцы находились в закрытом состоянии, что препятствовало изменению данных показателей.

Полученные данные показывают, что биохимически обработанное молоко по сравнению с сырым молоком обладает пониженными значениями рН и температуры замерзания и повышенными – для титруемой кислотности и удельной электропроводности. Это объясняется увеличением концентрации ионов в молоке, вследствие накопления молочной и других кислот, спиртов, диоксида углерода и т. д. в результате брожения [4].

Продолжающиеся изменения температуры замерзания и удельной электропроводности свидетельствуют о большей чувствительности приборов к накоплению иных продуктов брожения, слабо влияющих на кислотность продукта.

Сильные различия во времени начала изменений всех измеряемых показателей, очевидно, связано с допускаемыми отличиями в технических условиях на сухую закваску при производстве каждой партии и температурные условия ее хранения при транспортировке, реализации в торговле.

Образцы № 3 и № 4 второй партии сухой закваски продемонстрировали по сравнению с первой партией ниже значения температуры замерзания и рН, выше титруемую кислотность и удельную электропроводность в условиях незначительных различиях исходного сырья – ультрапастеризованного молока. Это связано с большей длительностью культивирования и быстрым процессом ферментации, при котором наблюдались резкие изменения показателей между двумя последовательными измерениями.

Для сравнения полученных значений измеряемых показателей простокваша, изготовленной в лабораторных условиях, нами проведены исследования основных параметров аналогичных продуктов в торговой сети.

В таблице 3 приведены нормируемые значения отдельных показателей отечественной простокваша и полученные нами средние значения некоторых физико-химических показателей, а также разброс средних значений за все время исследований (таблица 4).

Таблица 3 – Средние значения физико-химических показателей простокваш и некоторые требования, предъявляемые национальным стандартом

Показатели	Продукт		
	Простокваша согласно [3]	Простокваша	Простокваша термостатная
Температура замерзания, °С	н/н	-0,691±0,010	-0,659±0,009
Титруемая кислотность, °Т	80–130	97,5±3,0	82,1±4,5
Удельная электропроводность, мСм/см	н/н	6,38±0,18	6,34±0,13
рН	4,5–3,9	4,13±0,08	4,28±0,07
A_w	н/н	0,993±0,020	0,999±0,024
Содержание влаги, %	н/н	88,17±0,12	88,84±0,28
СОМО, %	не менее 7,8	7,83±0,11	8,05±0,20

Примечание: н/н – не нормируется.

Таблица 4 – Диапазон средних значений некоторых физико-химических показателей простокваш в торговой сети Минска

Показатель	Продукт	
	Простокваша	Простокваша термостатная
Температура замерзания, °С	-0,737...-0,641	-0,697...-0,625
Титруемая кислотность, °Т	80,5...115,0	62,5...108,0
Удельная электропроводность, мСм/см	5,21...6,96	5,72...6,81
pH	3,88...4,48	3,93...4,65
A_w	0,974...1,000	0,959...1,000
Содержание влаги, %	87,72...88,85	87,00...90,05
СОМО, %	7,15...8,28	7,37...10,50

Из таблицы 4 виден значительный разброс средних значений измеряемых показателей всех кисломолочных продуктов. Отличия в полученных значениях физико-химических показателей между готовыми продуктами, изготовленными резервуарным и термостатным способами, связано с использованием уникальных молочнокислых культур микроорганизмов, качеством молока-сырья, условиями ведения и окончания технологического процесса изготовления данных пищевых продуктов каждым производителем. Стоит отметить, что влажность, СОМО и доля свободной влаги готовых пищевых продуктов в потребительской таре сопоставимы с полученными нами значениями данных показателей при исследовании ультрапастеризованного молока перед внесением сухой закваски.

До введения в действие [3] содержание СОМО в простокваше не нормировалось. Поэтому СОМО готовых пищевых продуктов чаще всего было менее 7,8 %. Однако затем изготовители простокваш не допускали несоответствий в готовой продукции.

Выявленные несоответствия требованиям национального стандарта по установленному уровню кислотности термостатной простоквашы произошли из-за: преждевременного окончания сквашивания продукта изготовителем; использования заквасочных культур микроорганизмов с пониженным образованием молочной кислоты в процессе созревания для получения продукта с заданными потребительскими свойствами, учитывающими предпочтения конечных потребителей; стремления увеличить срок реализации готового продукта в розничной торговой сети.

Несмотря на существенные различия в скорости ферментации молочной смеси время, за которое достигается минимально требуемое национальным стандартом значение титруемой кислотности, соответствующей 80 °Т, соответствует заявленному изготовителем сухой закваски.

Выводы. Термообработанное питьевое коровье молоко по сравнению с сырым молоком обладает повышенными значениями температуры замерзания.

Биохимически обработанное молоко, независимо от способа ведения производства, имеет пониженные значения температуры замерзания и

активной кислотности и повышенные – титруемой кислотности и удельной электропроводности. Отличия во влажности, СОМО и показателя «активность воды» незначительны в сравнении с молоком-сырьем.

Изготовленные в лабораторных условиях простокваши на основе готового ультрапастеризованного питьевого коровьего молока обладали сопоставимыми с промышленно изготовленными продуктами значениями температуры замерзания, титруемой кислотности, удельной электропроводности и рН.

Список литературы

1. ТР ТС 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции. Минск, 2013. 92 с.
2. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. М., 2004. С. 22-29.
3. Ветохин С.С. Инертные наполнители при измерении активности воды // Труды БГТУ. 2013. №4 (160): Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С.72-74.
4. СТБ 2206-2017. Продукты кисломолочные. Общие технические условия. Минск, 2018. 13 с.
5. Тёпел А. Химия и физика молока. СПб.: Профессия, 2012. 832 с.
6. Твердохлеб Г. В. Химия и физика молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2006. С. 139–265.
7. Богатова, О. В. Химия и физика молока. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. С. 65–71.
8. ГОСТ 3625-84. Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности. М.: Изд-во стандартов, 2004. С. 30-42.