

Galiya Tumenova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology; North Kazakhstan State University named after Manasha Kozybayeva, Republic of Kazakhstan; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Gulnara Zhumanova – PhD, Department of Food Technology; Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Редакцияға енуі 01.11.2024
Өңдеуден кейін түсуі 12.12.2024
Жариялауға қабылданды 13.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-37](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-37)



MPHTI: 65.63.03

К.Ж. Тлеуова^{1*}, А.У. Шингисов¹, А.К. Тулекбаева¹, С.С. Ветохин², И.В. Подорожная³

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
160012, Республика Казахстан, город Шымкент, проспект Тауке хана 5

²Белорусский государственный технологический университет,
220006, Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

³ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» НАН Беларуси,
220141, Республика Беларусь, г.Минск, ул.Франциска Скорины,52

*e-mail: kalamkas-tleuova@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ЗАМЕРЗАНИЯ

Аннотация: Одним из важнейших показателей безопасности молока и продуктов его переработки является кислотность, определяющая свежесть и сроки годности продукции. При этом повышение точности и экспрессности измерения кислотности в настоящее время ограничены возможностями применяемых титриметрического метода и pH-метрии. В этой связи была поставлена задача по поиску альтернативных методов измерения. В качестве такого метода был испытан криоскопический – определение точки заморзания жидкого продукта. В качестве объекта исследования была выбрана простокваша лабораторного приготовления из нормализованного коровьего молока жирностью 2,5%.

Для четырех приготовленных образцов простокваши с помощью автоматического титрометра измеряли титруемую кислотность (K_T) и с помощью криоскопа-миллиосмометра – температуру заморзания (T_z) в процессе ферментации – от свежего молока до готовой простокваши. Полученные данные позволили установить линейную зависимость между этими физическими величинами вида: $K_T = (-T_z - 0,4701) / 0,0023$ при $R^2 = 0,9879$.

Способ дает возможность достоверной экспресс оценки кислотности молочного продукта: точность измерения температуры лучше 0,1% (температура -0,5°C измеряется с точностью 0,001°C), тогда как погрешность pH-метров составляет, как правило, 1%, а титриметрический метод дает результаты с допуском $\pm 1^\circ\text{T}$.

Полученные данные позволяют рекомендовать использовать криоскопический метод в лабораторной практике молочной промышленности.

Ключевые слова: молоко, кисломолочный продукт, простокваша, титруемая кислотность, температура заморзания, измерение, точность, способ, коэффициенты перевода.

Введение

Повышение сроков сохранения молока и продуктов его переработки при сохранении высоких потребительских свойств представляется важной технической задачей для переработчиков, особенно в условиях массового производства, ориентированного на экспорт. Обеспечение этой задачи привело к появлению достаточно жестких требований стандартов и технических регламентов к свежести исходного молочного сырья [1-4]. При этом основным показателем свежести выступает титруемая кислотность [5, 6], измеряемая в условных градусах по шкале Тернера ($^\circ\text{T}$). Согласно действующим нормам, молоко высшего сорта должно иметь кислотность в диапазоне от 16 до 18 $^\circ\text{T}$ [5]. Молоко с кислотностью выше 20 $^\circ\text{T}$

не подлежит продаже, так как считается скисшим и не соответствующим установленным стандартам. Кроме того, молоко с кислотностью, выходящей за указанный в стандартах диапазон, может оказаться фальсифицированным, например разбавленным водой. [5, 6-13].

Величина кислотности молочных продуктов преимущественно определяется наличием в продуктах молочной и лимонной кислот, белков, в том числе казеина, дающих вклад в кислотность в размере от 6 до 8°Т. На гидрофосфат приходится от 8 до 10°Т, на долю сывороточных белков – 1-2°Т, на диоксид углерода и другие вещества – 1-2°Т. Существующие способы по стабилизации кислотности заключаются в избавлении от причины появления редуказы, т.е. от бактериальной обсемененности [10].

К методам определения кислотности относится, в том числе по ГОСТ 26781, метод измерений, основанный на определении активности ионов водорода (рН) с помощью потенциометрических анализаторов [11-14]. В межгосударственном стандарте ГОСТ 3624 предлагаются титриметрический метод с применением индикатора фенолфталеина и метод определения предельной кислотности молока [12-15].

Потенциометрия имеет ограниченную область применения, что объясняется низкой избирательностью большинства ионоселективных электродов. При этом наиболее привлекательная прямая потенциометрия не всегда обеспечивает должную точность. Более того, все потенциометрические методы характеризуются ограниченным динамическим диапазоном определяемых концентраций [16].

Метод потенциометрического титрования относится к косвенным методам измерения, но обеспечивает более высокие метрологические характеристики, поскольку скачек потенциала используется только как индикатор точки эквивалентности на кривой титрования. Однако результаты требуют пересчета в градусы Тернера в условиях сильного ограничения диапазона линейной зависимости [16, 17].

Кроме того, молочные продукты обладают некоторой буферной емкостью, зависящей от содержания белков и жиров, что сдвигает точку эквивалентности и повышает неопределенность результата измерения [18, 19].

Постановка проблемы

Несмотря на недостатки титриметрического метода его используют повсеместно и признают арбитражным [20, 21].

Вероятно, большую точность может обеспечить в определенных случаях рН-метрия, что требует применения поправочных коэффициентов, специфичных для разных продуктов. Так, для кумыса поправочный коэффициент составляет 60, для кефира – 19, сметаны – 22 [22]. Однако, эти коэффициенты варьируются в зависимости от происхождения сырья.

Результаты измерений при определении кислотности такими способами зависят от температуры образца, скорости титрования и опыта и свойств органов зрения, например, цветовосприятия испытателя, что также снижает точность измерений [5].

Повышение объективности контроля связывают с разработкой нового поколения химических сенсоров кислотности, способных к резкому изменению спектра пропускания при разнесении основных полос поглощения кислых и основных сред [23, 24]. Однако все другие недостатки ионометрии при этом не исчезают.

Цель исследований

В связи с изложенным представляется актуальным проверить возможность применения косвенных методов определения кислотности молочных продуктов, в которых измеряется иная физическая величина, связанная с кислотностью достаточно простой зависимостью, позволяющей пересчитывать ее значение в градусы Тернера. В частности, в настоящей работе была предпринята попытка использовать в качестве такой альтернативной физической величины температуру замерзания жидкого образца. При этом предполагалось установить влияние на коэффициенты пересчета особенностей кисломолочного продукта, в частности, его жирности. Такой выбор обусловлен наличием на большинстве молочных предприятий криоскопического оборудования нужного температурного диапазона, обеспеченность обученными работавшими на нем кадрами, а также высокую точность измерений, при некотором ускорении измерительного процесса.

Экспериментальные работы проводились на базе исследовательских лабораторий Белорусского государственного технологического университета в рамках научной стажировки выполнения этапов докторской диссертации.

Методология исследования

Применяемое оборудование и материалы:

Пробирки химические по ГОСТ 19808-86, объемом 50 мл.

Чашки Петри по ГОСТ 25336-82, диаметр 150 мл.

Термостат лабораторный суховоздушный ТС 135S.

Криоскопа-миллиосмометр термоэлектрический МТ-5-01 (НПО «Буревестник», Санкт-Петербург, Российская Федерация).

Милливольтметр рН-150М (Гомельский завод измерительных приборов, Беларусь).

Автоматический титратор

Измерение температуры замерзания проводили по ГОСТ 25101-2015.

Калибровочное определение кислотности вели титриметрическим методом с использованием в качестве индикатора фенолфталеина по ГОСТ 3624. Титрантом служил раствор гидроокиси натрия с молярной концентрацией 0,1 моль/дм³.

Процедура и условия проведения экспериментов:

Объем образцов простокваш для измерения температуры замерзания составлял 20 мл, что соответствовало объему стандартной для криоскопа МТ-5-01 измерительной пробирки. Заполненную пробирку помещали в охлаждающую камеру криоскопа, опускают в нее измерительную головку прибора и проводят измерение точки замерзания согласно руководству по эксплуатации устройства. После получения отсчета пробирку вынимали, промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Термодатчик и иглу измерительной головки криоскопа ополаскивали дистиллированной водой и высушивали фильтровальной бумагой для ускорения подготовки к последующим измерениям.

Активную кислотность молочных продуктов определяли рН-метром.

Калибровочное определение кислотности вели с помощью автоматического титратора в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора с установкой точки эквивалентности на уровне рН=8,7.

Исследованные образцы простокваш были изготовлены в лабораторных условиях из ультрапастеризованного молока с жирностью 2,5% (пластиковые бутылки объемом 1000 мл), закупленного в розничной сети г. Минска. При этом использовали бактериальные закваски "Vita" (Минск, Республика Беларусь). Информация о молоке и закваске, указанная на упаковке продукта, приведена в таблице 1. Простоквашу готовили в соответствии с рекомендациями производителя закваски, предварительно подогревая бутылки с молоком на водяной бане до температуры 37-39 °С перед добавлением закваски.

Таблица 1 – Некоторые сведения, содержащиеся в маркировке потребительской упаковке молока питьевого и сухой закваски

Отличительные признаки продуктов	Продукты	
	Молоко «Савушкин» питьевое ультрапастеризованное	Закваска «Vita» сухая для простокваши
Состав	Молоко нормализованное	<i>Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus</i>
Пищевая ценность 100 г продукта:		
белок, г	3,0	-
жир, г	2,5	-
углеводы, г	4,7	-
Энергетическая ценность	53,3 ккал (223,4 кДж)	-
Количество продукта	1000 мл	1,4 г (2 пакетика по 0,7 г) с количеством молочнокислых микроорганизмов не менее 10 ⁹ КОЕ/г
ТНПА	ТУ ВУ 200030514.085-2009	ТУ РБ 00028493.370-93
Срок годности	15 суток	12 месяцев
Изготовитель, страна	ОАО «Савушкин продукт», Республика Беларусь	РУП «Институт мясо-молочной промышленности», Республика Беларусь

Проводилось параллельное приготовление простокваш из двух пакетиков сухой закваски, взятых из двух различных партий и приобретенных в торговой сети г. Минска. С каждым образцом закваски готовили два образца простокваши.

Культивирование вели при 37 °С при периодическом контроле титруемой кислотности. Достоверность обеспечивалась пятикратным повторением измерений в каждой точке с последующим расчетом среднего значения и среднего квадратичного отклонения. Результаты обрабатывали с использованием возможностей программы Microsoft Excel.

Использование ультрапастеризованного молока позволяло минимизировать ошибки эксперимента благодаря пониженному содержанию в образцах остаточной микрофлоры.

На рисунке 1 показана работа по проведению экспериментов в микробиологической лаборатории Белорусского государственного технологического университета.



Рисунок 1 – Проведение экспериментов в лаборатории БГТУ

Результаты исследования и их обсуждение

В таблицах 2 и 3 приведены средние значения результатов измерений и диапазон разброса полученных значений для четырех отобранных образцов исходного питьевого ультрапастеризованного коровьего молока и полученной из него простокваши.

Таблица 2 – Средние значения физико-химических показателей отобранных образцов питьевого ультрапастеризованного коровьего молока

Показатель	Результаты анализа	
	Средние значения	Диапазон значений
Температура заморзания, °С	-0,513±0,009	-0,519...-0,510
Титруемая кислотность, °Т	17,0±1,1	16,5...17,3
pH	6,83±0,07	6,82...6,84

Таблица 3 – Средние измеренные значения физико-химических показателей лабораторной простокваши

Показатель	Результаты анализа	
	Средние значения	Диапазон значений
Температура заморзания, °С	-0,681±0,009	-0,695...-0,663
Титруемая кислотность, °Т	90,3±1,0	88,0...92,0
pH	4,44±0,04	4,38...4,51

В таблицах 4-7 приведены данные по динамике выбранных физико-химических показателей для полученных нами образцов простокваши в процессе ее созревания.

Таблица 4 – Средние результаты измерений кислотности и температуры заморзания образца №1 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура заморзания, °С	Титруемая кислотность, °Т
0,00	-0,510	17,0
0,33	-0,511	17,0
2,17	-0,509	17,0
3,10	-0,513	17,0
4,23	-0,512	17,0
5,20	-0,514	18,0
5,78	-0,512	18,0
6,45	-0,521	21,0
6,97	-0,538	28,0
7,47	-0,564	47,0
8,08	-0,620	63,0
8,58	-0,631	72,0
9,62	-0,651	80,0
10,78	-0,663	89,0

Таблица 5 – Средние значения кислотности и температуры замерзания образца №2 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °C	Титруемая кислотность, °T
0,00	-0,510	17,0
0,22	-0,511	17,0
2,05	-0,505	17,0
2,98	-0,513	17,0
4,12	-0,513	17,0
5,08	-0,515	19,0
5,67	-0,523	24,0
6,33	-0,544	38,5
6,85	-0,589	51,0
7,35	-0,622	63,0
7,97	-0,627	76,0
9,50	-0,658	88,0
10,67	-0,673	88,0

Таблица 6 – Средние значения кислотности и температуры замерзания образца №3 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °C	Титруемая кислотность, °T
0,00	-0,519	17,3
1,52	-0,525	20,0
2,57	-0,545	36,0
3,35	-0,597	57,0
4,37	-0,638	74,0
5,28	-0,658	78,5
6,32	-0,671	84,0
7,85	-0,682	88,0
9,27	-0,696	91,0
10,27	-0,692	93,0
11,23	-0,695	92,0

Таблица 7 – Средние значения кислотности и температуры замерзания образца №4 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °C	Титруемая кислотность, °T
0,00	-0,516	16,5
1,58	-0,520	19,0
2,63	-0,535	27,0
3,42	-0,580	47,0
4,43	-0,638	68,0
5,35	-0,653	77,0
6,38	-0,669	80,0
7,92	-0,684	87,0
9,33	-0,693	91,0
10,33	-0,692	91,0
11,30	-0,693	92,0

Полученные данные позволили установить взаимную зависимость температуры замерзания и титруемой кислотности молочного продукта, представленную на рисунке 2.

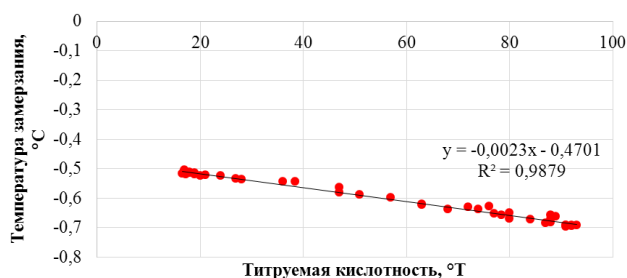


Рисунок 2 – Взаимная зависимость температуры замерзания и титруемой кислотности молочного продукта

Очевиден линейный характер этой зависимости в диапазоне разумных для простокваши значений кислотности. Линейная регрессия, полученная с помощью MS Excel, описывалась формулой вида: $T_3 = -0,0023 \cdot K_T - 0,4701$, где T_3 – температура замерзания, K_T – титруемая кислотность. Точность аппроксимации экспериментальной зависимости указанной линейной функцией составила 0,9879.

Заключение

Предложенный нами способ определения кислотности молока и продуктов его переработки, в частности простокваши, по температуре замерзания может быть рекомендован к использованию в лабораторной практике молочной промышленности. При этом возможно обеспечение точности измерений лучше 0,1% (температура -0,5°C измеряется с точностью 0,001°C), тогда как погрешность pH-метров составляет, как правило, 1%, а титриметрический метод дает результаты с допуском $\pm 1^\circ\text{T}$. Метод обладает двойным, как минимум, быстродействием по сравнению с автоматическим титрованием и практически независим от внешних условий.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67 (с *изменениями* на 15 июля 2022 года)). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293778/4293778171.pdf> (дата обращения: 29.09.2022).
2. ГОСТ 31449 -2013. Межгосударственный стандарт. Молоко сырое. Технические условия. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. – 8 с.
3. СТБ 1598-2006. Молоко коровье. Требования при закупках. – Минск: Госстандарт, 2006. – 15 с.
4. СТ РК 1733-2015. Молоко и молочные продукты. Общие технические условия. – Астана: Комитет технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан (Госстандарт), 2015. – 52 с.
5. Тёпел А. Химия и физика молока / А. Тёпел. – СПб.: Профессия, 2012. – 513 с.
6. Твердохлеб Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб. – М.: ДеЛи принт, 2006. –149 с.
7. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: Учебник. 5-е изд., испр. и доп. / К.К. Горбатова. – Изд-во ГИОРД.: 2021. – 336 с.
8. Брио Н.П. Технохимический контроль в молочной промышленности / Н.П. Брио, Н.П. Конокотина, А.И. Титов. – М.: ПИЩЕПРОМИЗДАТ, 1962. – 396 с.
9. Товароведная и ветеринарно-санитарная экспертиза молока и молочных продуктов: Учебное пособие / Л.Ф. Якупова и др. – Казань, 2018. – 144 с.
10. Бацукова Н.Л. Гигиеническая экспертиза молока и молочных продуктов: учебно-методическое пособие / Н.Л. Бацукова, И.П. Щербинская. – Минск: БГМУ, 2007. – 31 с.
11. ГОСТ 32892 – 2014. Молоко и молочная продукция Метод измерения активной кислотности. – М.: Изд-во Москва Стандартиформ 2015. – 4 с.
12. Крусъ Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А.М. Шалыгина, З.В. Волокитина – М.: Колос, 2000. – 368 с.
13. Меркулова Н.Г. Производственный контроль в молочной промышленности. Практическое руководство / Н.Г. Меркулова, М.Ю. Меркулов, И.Ю. Меркулов. – СПб.: ИД «Профессия», 2010. – 656 с.
14. Качество молока. Справочник для работников лабораторий, зоотехников молочно-товарных ферм и работников молокоперерабатывающих предприятий / В.Я. Лях и др. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 208 с.
15. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – Минск: Госстандарт, 2007. – 10 с.
16. Герасимова Н.С. Потенциометрические методы анализа / Н.С. Герасимова. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 44 с.
17. Комиссаренков А.А. Потенциометрия / А.А. Комиссаренков, Г.Ф. Пругло, В.А. Фёдоров. – СПб ГТУРП. – СПб., 2013. – 64 с.
18. Артеменко А.И. Справочное руководство по химии / А.И. Артеменко, В.А. Малеванный, А.И. Тикунова. – М. : Высшая школа, 1990. – 303 с.

19. Тикунова И.В. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: учебное пособие / И.В. Тикунова, Н.В. Дробницкая, А.И. Артеменко. – М.: Высшая школа, 2009. – 413 с.
20. Свиридова А.М. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям «Ветеринарно-санитарная экспертиза и контроль / А.П. Свиридова, О.В. Копоть, Л.С. Кипцевич. – Гродно: ГГАУ, 2008 – 43 с.
21. Коряжнов В.П. Практикум по ветеринарно-санитарной экспертизе молока и молочных продуктов / В.П. Коряжнов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1981. – 160 с.
22. Пат. 28378 Республика Казахстан, МПК G01N 33/04. Способ определения кислотности кисломолочных продуктов.
23. Wencel D. Optical Chemical pH Sensors (Review) / D. Wencel, T. Abel, C. McDonagh // Anal. Chem. – 2014. – V. 86. – P. 15-29.
24. Steinegger A. Optical Sensing and Imaging of pH Values: Spectroscopies, Materials, and Applications / A. Steinegger, O.S. Wolfbeis, S.M. Borisov // Chem. Rev. – 2020. – V. 120. – P. 12357-12489.

References

1. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo Soyuz TR TS 033/2013 «O bezopasnosti moloka i molochnoi produktsii», prinyat Resheniem Soveta Evraziiskoi ehkonomicheskoi komissii ot 9 oktyabrya 2013 g. №67 (s izmeneniyami na 15 iyulya 2022 goda)). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293778/4293778171.pdf> (data obrashcheniya: 29.09.2022). (In Russian).
2. GOST 31449 -2013. Mezhdgosudarstvennyi standart. Moloko syroe. Tekhnicheskie usloviya. – М.: Izd-vo Standartinform, 2013. – 8 s. (In Russian).
3. STB 1598-2006. Moloko korov'e. Trebovaniya pri zakupkakh. – Minsk: Gosstandart, 2006. – 15 s. (In Russian).
4. ST RK 1733-2015. Moloko i molochnye produkty. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Astana: Komitet tekhnicheskogo regulirovaniya i metrologii Ministerstva po investitsiyam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan (Gosstandart), 2015. – 52 s. (In Russian).
5. Tepel A. Khimiya i fizika moloka / A. Tepel. – SPb.: Professiya, 2012. – 513 s. (In Russian).
6. Tverdokhleб G.V. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov / G.V. Tverdokhleб. – М.: DELI print, 2006. –149 s. (In Russian).
7. Gorbatoва K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov : Uchebnik. 5-e izd., ispr. i dop. / K.K. Gorbatoва. – Izd-vo GIORД.: 2021. – 336 s. (In Russian).
8. Brio N.P. Tekhnokhimicheskii kontrol' v molochnoi promyshlennosti / N.P. Brio, N.P. Konokotina, A.I. Titov. – М.: PISHCHEPROMIZDAT, 1962. – 396 s. (In Russian).
9. Tovarovednaya i veterinarno-sanitarnaya ehkspertiza moloka i molochnykh produktov: Uchebnoe posobie / L.F. Yakupova i dr. – Kazan', 2018. – 144 s. (In Russian).
10. Batsukova N.L. Gigienicheskaya ehkspertiza moloka i molochnykh produktov: uchebno-metodicheskoe posobie / N.L. Batsukova, I.P. Shcherbinskaya. – Minsk: BGMU, 2007. – 31 s. (In Russian).
11. GOST 32892 – 2014. Moloko i molochnaya produktsiya Metod izmereniya aktivnoi kislotnosti. – М.: Izd-vo Moskva Standartinform 2015. – 4 s. (In Russian).
12. Krus' G.N. Metody issledovaniya moloka i molochnykh produktov / G.N. Krus', A.M. Shalygina, Z.V. Volokitina – М.: Kolos, 2000. – 368 s. (In Russian).
13. Merkulova N.G. Proizvodstvennyi kontrol' v molochnoi promyshlennosti. Prakticheskoe rukovodstvo / N.G. Merkulova, M.YU. Merkulov, I.YU. Merkulov. – SPb.: ID «ProfessiYA», 2010. – 656 s. (In Russian).
14. Kachestvo moloka. Spravochnik dlya rabotnikov laboratorii, zootekhnikov molochno-tovarnykh ferm i rabotnikov molokopererabatyvayushchikh predpriyatii / V.YA. Lyakh i dr. – SPb.: GIORД, 2008. – 208 s. (In Russian).
15. GOST 3624-92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredeleniya kislotnosti. – Minsk: Gosstandart, 2007. – 10 s. (In Russian).
16. Gerasimova N.S. Potentsiometricheskie metody analiza / N.S. Gerasimova. – М.: Izdatel'stvo MGТУ im. N. EH. Bauman, 2010. – 44 s. (In Russian).
17. Komissarenkov A.A. Potentsiometriya / A.A. Komissarenkov, G.F. Pruglo, V.A. Fedorov. – SPb GTURP. – SPb., 2013. – 64 s. (In Russian).

18. Artemenko A.I. Spravochnoe rukovodstvo po khimii / A.I. Artemenko, V.A. Malevannyi, A.I. Tikunova. – M. : Vysshaya shkola, 1990. – 303 s. (In Russian).
19. Tikunova I.V. Spravochnoe rukovodstvo po analiticheskoi khimii i fiziko-khimicheskim metodam analiza: uchebnoe posobie / I.V. Tikunova, N.V. Drobnitskaya, A.I. Artemenko. – M.: Vysshaya shkola, 2009. – 413 s. (In Russian).
20. Sviridova A.M. Metodicheskie ukazaniya k laboratorno-prakticheskim zanyatiyam «Veterinarno-sanitarnaya ehkspertiza i kontrol' / A.P. Sviridova, O.V. Kopot', L.S. Kiptsevich. – Grodno: GGAU, 2008 – 43 s. (In Russian).
21. Koryazhnov V.P. Praktikum po veterinarno-sanitarnoi ehkspertize moloka i molochnykh produktov / V.P. Koryazhnov. – 3-e izd., ispr. i dop. – M.: Kolos, 1981. – 160 s. (In Russian).
22. Pat. 28378 Respublika Kazakhstan, MPK G01N 33/04. Sposob opredeleniya kislotnosti kislomolochnykh produktov. (In Russian).
23. Wencel D. Optical Chemical pH Sensors (Review) / D. Wencel, T. Abel, C. McDonagh // Anal. Chem. – 2014. – V. 86. – R. 15-29. (In English).
24. Steinegger A. Optical Sensing and Imaging of pH Values: Spectroscopies, Materials, and Applications / A. Steinegger, O.S. Wolfbeis, S.M. Borisov // Chem. Rev. – 2020. – V. 120. – R. 12357-12489. (In English).

К.Ж. Тлеуова^{1*}, А.У. Шингисов¹, А.К. Тулекбаева¹, С.С. Ветохин², И.В. Подорожня³

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы 5,

²Белорусь мемлекеттік технологиялық университеті,
220006, Беларусь, Минск қ., Свердлов к-сі, 13а

³ААҚ «Оптрон Аспап жасау зауыты» Беларусь ҰҒА,
220141, Беларусь Республикасы, Минск қ., Франциск Скорина к-сі, 52.

*e-mail: kalamkas-tleuova@mail.ru

СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҒЫН МҰЗДАТУ ТЕМПЕРАТУРАСЫ БОЙЫНША АНЫҚТАУ ТӘСІЛІН ӨЗІРЛЕУ

Сүт пен оның өңделген өнімдерінің қауіпсіздігінің маңызды көрсеткіштерінің бірі өнімнің балғындығы мен сақтау мерзімін анықтайтын қышқылдық болып табылады. Сонымен қатар қышқылдықты өлшеудің дәлдігі мен жылдамдығын арттыру қазіргі уақытта қолданылатын титриметриялық әдіс пен рН-метрияның мүмкіндіктерімен шектеледі. Осыған байланысты баламалы өлшеу әдістерін іздеу міндеті қойылды. Сұйық өнімнің қату температурасын анықтау әдісі ретінде криоскопиялық сынақтан өтті. Зерттеу нысаны ретінде майлылығы 2,5% нормаланған сиыр сүтінен зертханалық дайындалған сүзбе сүті таңдалды.

Йогурттың төрт дайындалған үлгісі үшін титрленетін қышқылдық (ТА) автоматты титрометр көмегімен өлшенді, ал мұздату температурасы (Тз) ашыту процесі кезінде – жаңа сүттен дайын йогуртқа дейін криоскоп-миллиосмометрдің көмегімен өлшенді. Алынған мәліметтер форманың осы физикалық шамалары арасында сызықтық байланысты орнатуға мүмкіндік берді: $CT = (-T_z - 0,4701) / 0,0023$ $R^2 = 0,9879$.

Әдіс сүт өнімдерінің қышқылдығын сенімді түрде көрсетуге мүмкіндік береді: температураны өлшеу дәлдігі 0,1%-дан жоғары (температура $-0,5^{\circ}C$ $0,001^{\circ}C$ дәлдікпен өлшенеді), әдетте рН-метрлердің қателігі 1% және титриметриялық әдіс $\pm 1^{\circ}T$ төзімділікпен нәтиже береді.

Алынған мәліметтер сүт өнеркәсібінде зертханалық тәжірибеде криоскопиялық әдісті қолдануды ұсынуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: сүт, ашытылған сүт өнімі, жай ашытылған сүт өнімі, титрленетін қышқылдық, мұздату температурасы, өлшеу, дәлдік, әдіс, аударма коэффициенттері.

K.Zh. Tleuova^{1*}, A.U. Shingisov¹, A.K. Tulekbaeva¹, S.S. Vetokhin², I.V. Podorozhnaya³

¹M. Auezov South Kazakhstan University,
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent city, Tauke Khan Avenue 5,

²Belarusian State Technological University,
13a Sverdlova str., Minsk, 220006, Belarus

³ОАО «Оптрон Instrument-Making Plant» of the National Academy of Sciences of Belarus,
52 Franziska Skaryna str., Minsk, 220141, Republic of Belarus.

*e-mail: kalamkas-tleuova@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE ACIDITY OF DAIRY PRODUCTS BY FREEZING POINT

One of the most important safety indicators of milk and its processed products is acidity, which determines the freshness and shelf life of the products. At the same time, increasing the accuracy and speed of acidity measurement is currently limited by the capabilities of the titrimetric method and pH-metry. In this regard, the task was set to search for alternative measurement methods. A cryoscopic method was tested as such a method - determining the freezing point of a liquid product. Laboratory-prepared curdled milk from normalized cow's milk with a fat content of 2.5% was chosen as the object of study. For four prepared samples of curdled milk, titratable acidity (TA) was measured using an automatic titrator and freezing point (FP) was measured using a cryoscope-milliosmometer during fermentation - from fresh milk to finished curdled milk. The data obtained made it possible to establish a linear relationship between these physical quantities of the form: $TA = (-FP - 0.4701) / 0.0023$ at $R^2 = 0.9879$. The method enables a reliable express assessment of the acidity of a dairy product: the accuracy of temperature measurement is better than 0.1% (a temperature of -0.5°C is measured with an accuracy of 0.001°C), while the error of pH meters is, as a rule, 1%, and the titrimetric method gives results with a tolerance of $\pm 1^\circ T$. The data obtained make it possible to recommend the use of the cryoscopic method in laboratory practice in the dairy industry.

Key words: milk, fermented milk product, curdled milk, titrated acidity, freezing point, measurement, accuracy, method, conversion coefficients.

Авторлар туралы мәліметтер

Қаламқас Жұмабекқызы Тлеуова* – «Биотехнология» кафедрасының 8D05120 – «Агроөнеркәсіп кешендегі биотехнологиялық аспектілер» білім беру бағдарламасының докторанты, ҚЕАҚ «М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті», Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-2668>.

Азрет Утебаевич Шингисов – техникалық ғылымдарының докторы, профессор, «Технология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Айжамал Конисбаевна Тулекбаева – техникалық ғылымдарының кандидаты, «Стандарттау және сертификаттау» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

Сергей Сергеевич Ветохин – физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор, «Өнімді сертификаттаудың физика-химиялық әдістері» кафедрасының меңгерушісі, Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Ирина Викторовна Подорожня – техникалық ғылымдар магистрі, Беларусь ҰҒА «Оптрон Аспап жасау зауыты» ААҚ ғылыми-зерттеу бөлімінің ғылыми қызметкері, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-5291>.

Сведения об авторах

Каламқас Жумабековна Тлеуова* – докторант образовательной программы 8D05120 – «Биотехнологические аспекты в агропромышленном комплексе» кафедры «Биотехнология» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-2668>.

Азрет Утебаевич Шингисов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Айжамал Конисбаевна Тулекбаева – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Стандартизация и сертификация» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

Сергей Сергеевич Ветохин – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры «Физико-химических методов сертификации продукции» Белорусского государственного технологического университет, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Ирина Викторовна Подорожня – магистр технических наук, научный сотрудник научно-исследовательского отдела ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» Национальной Академии Наук Республики Беларусь, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-5291>.

Information about the authors

Kalamkas Zhumabekovna Tleuova* – doctoral student of the educational program 8D05120 – Biotechnological aspects in the agro-industrial complex department «Biotechnology» of the NJSC «South Kazakhstan University. M. Auezov», Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-2668>.

Azret Utebayevich Shingisov – doctor of technical sciences, professor, head of the department «Technology and food safety» NJSC «South Kazakhstan University». M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Aizhamal Konisbaevna Tulekbayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Standardization and certification, NJSC South Kazakhstan University. M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

Sergey Sergeevich Vetokhin – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Physical and Chemical Methods of Product Certification, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Irina Viktorovna Podorozhnaya – Master of Technical Sciences, Researcher at the Research Department of OAO «Instrument-Making Plant Optron» of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-5291>.

Поступила в редакцию 21.10.2024

Поступила после доработки 16.12.2025

Принята к публикации 17.12.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-38](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-38)



FTAXP: 65.63.33



С.С. Төлеубекова*, Ә.Е. Әліпов, Е.С. Жарыкбасов, М.М. Джумажанова, А.Т. Қабденова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі 20А

*e-mail: saltosha-sandu@mail.ru

ГРЕК ЙОГУРТЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ САРЫСУЫНДАҒЫ АҚУЫЗ МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа: Бұл ғылыми мақалада майсыз сүтті қолдана отырып және орта тізбекті триглицеридтер (МСТ) майын қосу арқылы грек йогуртын өндіру технологиясы қарастырылады. Йогурттан артық сұйықтықты алып тастағаннан кейін алынған сарысудың ақуыз құрамын талдауға баса назар аударылады. Зерттеудің мақсаты-сарысудағы ақуыздың мөлшерін анықтау және оны дайын өнімді байыту үшін одан әрі пайдалану мүмкіндіктерін бағалау. Ақуызды анықтау процесі спектрофотометрді қолдана отырып, Бредфорд әдісімен жүзеге асырылды, бұл қалған сарысудағы ақуыз мөлшерін сандық талдауға мүмкіндік берді. Бредфорд әдісі ақуыздардың кумасси бояғышымен әрекеттесуіне негізделген Гауһар Көк G-250, ол ақуыздармен байланысады және ерітіндінің түсін өзгертеді, бұл ақуыз концентрациясын оптикалық тығыздық бойынша өлшеуге мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері сарысу ақуыздарының қайта қолдану мүмкіндігі жоғары екенін көрсетеді. Грек йогуртын осы ақуыздармен байыту ақуызды көбейту арқылы оның тағамдық құндылығын арттыра алады. Осылайша, грек йогурты өндірісінің жанама өнімін пайдаланудың инновациялық тәсілі ұсынылады, бұл өндіріс процесінің тиімділігін арттыруға және тамақ қалдықтарын азайтуға көмектеседі. Нәтижелер ашытылған сүт өнімдерін өндірумен айналысатын сүт өнеркәсібі кәсіпорындары үшін, сондай-ақ азық-түлік технологиясы мен нутрициологиядағы ғылыми зерттеулер үшін пайдалы болуы мүмкін. Сарысу ақуыздарын талдау мен өңдеудің осы әдісін қолдану биологиялық құндылығы жоғары өнімдерді құруға және өндіріс шығындарын азайтуға ықпал етеді. Осылайша, ұсынылған технология одан әрі зерттеу және өнеркәсіптік өндіріске енгізу үшін перспективалы бағыт болып табылады.

Түйін сөздер: грек йогурты, сарысу ақуыздары, Бредфорд әдісі, спектрофотометрия, МСТ майы, ақуыз талдауы, функционалдық тамақ.

Кіріспе

Салауатты тамақтанудың негізгі заманауи трендтерінің бірі - оңтайлы құрамдағы тамақ өнімдерін өндіру, яғни адам ағзасының қажеттіліктерін барынша қанағаттандыратын, функционалды бағыты бар және жоғары органолептикалық қасиеттері бар ингредиенттер жиынтығы мен қатынасы бар тағамдарды жасау. Халықаралық азық-түлік туралы ақпарат кеңесі (IFIC) функционалды тағамдарды негізгі диетаға қарағанда адам денсаулығына пайдалы әсер етеді деп анықтайды. Тамақтану саласында жұмыс істейтін зерттеушілер көптеген жұқпалы емес аурулар мен дұрыс тамақтанбау арасында тікелей байланыс орнатты [1]. Мысалы, асқазан-ішек жолдарының созылмалы аурулары, панкреатит және холецистит дұрыс тамақтанбаудың себептерінің бірі болып табылады [2, 3]. Соңғы уақытта тұтынушылық қасиеттері бар пайдалы тағамдарды жобалау қарқынды дамып келе жатқан бағыт болып табылады.