ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-375-382
УДК 664.8.022.1

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Обоснование параметров механической обработки молока при производстве кисломолочных продуктов

Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов*

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»,
295007, Россия, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4

Дата поступления в редакцию: 30.04.2019
Дата принятия в печать: 30.08.2019

**e-mail: tehfac@mail.ru*

© Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, 2019

Аннотация. Влияние параметров тепловой и механической обработки на первичном этапе переработки молока на формирование конечных физико-механических свойств кисломолочных продуктов исследовано не достаточно. Основной целью исследования было подтверждение гипотезы о влиянии параметров гомогенизации на этапе предварительной обработки, на формирование консистенции готовых кисломолочных продуктов. Для выявления зависимости реологических свойств кисломолочных продуктов от режимных параметров гомогенизации был проведен ряд исследований. Исследования проводились в процессе подготовки исходной молочной смеси для производства кефира, а также сметаны. Нагретое до 45 °С молоко подавалось на сепарирование в сепаратор «Альфа-лаваль». Обезжиренное молоко (1 % содержания жира для производства кефира) подогревалось в пастеризаторе до температуры 55–60 °С и направлялось в гомогенизатор. Рабочие органы гомогенизатора клапанного типа, используемого для проведения экспериментов, позволили проводить гомогенизацию молока в диапазоне давления от 8 до 16 Мпа. Установлено, что давление гомогенизации является значимым фактором, оказывающим влияние на протекание процесса сквашивания при производстве кисломолочных продуктов, в частности кефира и сметаны, и оказывает существенное влияние на консистенцию и вкусовые качества готового кисломолочного продукта, определена оптимальная температура сквашивания кефира. Оптимизация давления исследуемого процесса позволяет снизить удельные энергозатраты на 4,4 кВт/ч на каждую тонну продукции, что составляет 24,4 %, а использование гелиоколлекторов для предварительного подогрева молока перед гомогенизацией позволяет снизить удельные энергозатраты минимум на 10,5 кВт/ч на тонну по исходной продукции. Это существенно снижает себестоимость производимого натурального молочного продукта и делает его конкурентоспособным.

Ключевые слова. Гомогенизация, сквашивание, вязкость, кислотность, давление

Для цитирования: Гербер, Ю. Б. Обоснование параметров механической обработки молока при производстве кисломолочных продуктов / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 375–382. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-375-382.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Machine Processing of Milk in Dairy Production

Yu.B. Gerber, A.V. Gavrilov*

V.I. Vernadsky Crimean Federal University
4, Vernadskogo Ave., Simferopol, 295007, Russia

Received: April 30, 2019
Accepted: August 30, 2019

**e-mail:tehfac@mail.ru*

© Y.B. Gerber, A.V. Gavrilov, 2019

Abstract. For fermented milk products, consistency plays a leading role: it provides a quality product and shapes consumer demand. There have been numerous studies of the effect of the technological process on the properties of sour cream, kefir, etc. However, these studies were performed after the introduction of ferment. Thus, the effect of parameters of thermal and mechanical treatment during the primary stage on the physical and mechanical properties of fermented milk products remains understudied. The research objective was to confirm the following hypothesis: the parameters of homogenization during the primary stage affect the consistency of the fermented milk products. A set of experiments made it possible to expose the dependence of the rheologic properties of sour-milk products from the regime parameters of homogenization. The research featured initial mix for kefir and sour cream production. The milk was preheated to 45°C in an Alfa-Laval pasteurizer and separated in an Alfa-Laval separator. The fat-free milk (1% of fat for kefir production) was heated in a pasteurizer to 55–60°C and homogenized at 8–16 mPa. The homogenizing device of the manometer was additionally equipped with a phase separator delimiter of the S-homogenizer type. The acidity and viscidity for the sour cream and kefir were measured at different pressure values. The power expenses on homogenization depended on the pressure

and the volume of milk. The pressure of homogenization proved to be a meaningful factor and affected the fermentation process. It rendered a substantial influence on the consistency and taste qualities of the fermented milk product. The experiment defined the optimal temperature of fermentation for kefir production. The optimization of pressure decreased the energy consumptions by 4.4 kW/h (24.4%) per ton. Solar thermal collectors were used to preheat the milk before homogenization, which decreased the specific energy consumption by 10.5 kW/h per ton. The new parameters lower the prime cost of the dairy products and raise their competitiveness.

Keywords. Homogenization, fermentation, viscosity, acidity, pressure

For citation: Gerber Yu.B, Gavrilov AV. Machine Processing of Milk in Dairy Production. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):375–382. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-375-382.

Введение

Консистенция является важным элементом в общем органолептическом (сенсорном) восприятии, получаемом при употреблении пищи. По данным С. А. Матца, под консистенцией понимают «сумму свойств пищевого продукта, воспринимаемую глазами, а также кожей и чувствительными мускулами рта, включающую жесткость, мягкость, зернистость и т. д.». Более узкое понимание – «смешанное ощущение, остающееся во рту после проглатывания продукта». Консистенция представляет собой совокупность реологических свойств вязкой жидкости, вязкоэластичного или вязкопластичного тела, степень твердости, плотности продукта. Исследованиями формирования консистенции кисломолочных продуктов занимались И. А. Тихомирова, А. М. Шалыгина, Б. К. Аксенова, С. К. Касымов, О. И. Далматова, А. Г. Гребенкина, Л. Н. Горбунова, Н. Г. Догарева [1–21].

При производстве кисломолочных продуктов консистенция играет ведущую роль в оценке уровня качества произведенного продукта, а также в формировании потребительского спроса. Многочисленные исследования по изучению зависимости свойств молочных продуктов, например, сметаны, кефира от параметров технологических процессов, проводились на этапе производства после внесения закваски. Результаты исследований отражены в работах Ю. А. Мачихина, В. Д. Косого, Я. И. Виноградова, Г. Н. Крусь, А. М. Шалыгиной. Влияние параметров тепловой и механической обработки на первичном этапе переработки на формирование конечных физико-механических свойств кисломолочных продуктов исследовано не достаточно [2–5].

Исследования зависимости физико-механических свойств кефира и сметаны от температуры пастеризации исходного молока проведены нами ранее [1, 2].

Основная цель исследования – подтверждение гипотезы о влиянии параметров гомогенизации на этапе предварительной обработки на формирование консистенции готовых кисломолочных продуктов.

Объекты и методы исследования

Для выявления зависимости реологических свойств кисломолочных продуктов от режимных параметров гомогенизации нами проведен ряд исследований в учебно-технологической лаборатории переработки молока Академии биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета.

Исследования проводились в процессе подготовки исходной молочной смеси для производства кефира, а также сметаны. Молоко направлялось на подогрев в пастеризатор «Альфа-лаваль». Нагретое до 45 °С молоко подавалось на сепарирование в сепаратор «Альфа-лаваль». Обезжиренное молоко (1 % содержания жира для производства кефира) подогревалось в пастеризаторе до температуры 55–60 °С и направлялось в гомогенизатор. Рабочие органы гомогенизатора клапанного типа, используемого для проведения экспериментов, позволяют проводить гомогенизацию молока различной жирности в диапазоне давления до 16 Мпа. На гомогенизирующей головке был установлен манометр с разделителем сред типа S-гомогенизатор. Разделитель предназначен для отделения измерительного прибора от измеряемой среды. Данный разделитель сред является функциональным аналогом разделителей типа PM5322. Конструкция разделителя защищает измерительный прибор от воздействия гидроударов и пульсаций рабочей среды. Применение встроенного в разделитель гидравлического демпфера и вакуумной технологии заполнения комплекта значительно увеличивает точность измерений.

Для проведения замеров использовался манометр WIKA модель EN 837-1 с трубкой Бурдона и электроконтактом (рис. 1). Данный прибор относится к механическим средствам измерения давления с электрическим выходным сигналом. Рабочая температура окружающей среды: от –40 до +60 °С измеряемой среды: +60 °С (максимум). Дополнительная температурная погрешность при изменении температуры окружающей среды от +20 °С, не более ± 0,4 %. Диапазон измерений: от 0–2,5 до 0–400 бар (40 мПа).

Значение давления гомогенизации изменяли путем регулировки давления на первой и второй ступени гомогенизации с помощью регулировочных винтов, предусмотренных конструкцией гомогенизатора. Значения величин давления, при которых отбирались пробы, приведены ниже.

Данные, полученные в результате эксперимента, приведены в таблицах. Пробы молока, нормализованного по жиру для определенного продукта (кефира, сметаны) и прошедшего гомогенизацию, отбирали с помощью специального отборника, установленного в трубе на входе в пастеризатор.

Для контроля качества процесса гомогенизации использовалась стандартная методика с применением бинокулярного микроскопа XSP-128B, имеющего

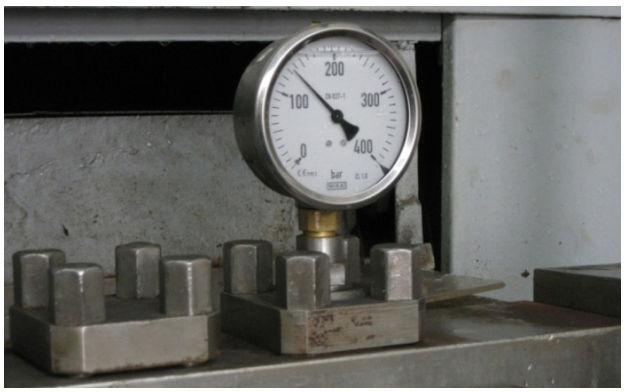

Рисунок 1. Узел замера давления в головке гомогенизатора (манометр WIKAEN 837-1)

Figure 1. Node pressure measurement in the homogenizer (pressure gauge WIKAEN 837-1)

устройство на 4 объектива, увеличение от 40х до 100х. При проведении исследований отобраны пробы в 4 вариантах давления гомогенизации: 8,0 мПа; 10,0 мПа; 12,0 мПа; 14,0 мПа; 16,0 мПа.

С помощью микроскопа изучена каждая из проб (рис. 2–4), в результате чего выявлено:

– в варианте 1 (рис. 2) структура неоднородная, с образованием небольших участков соединений жировых частиц, движение пузырьков газа наблюдается в отдельных зонах между указанными соединениями;

– в варианте 2 (рис. 3) структура также неоднородная, но участки соединений жировых частиц меньше, чем в первом варианте, движение пузырьков также неравномерно в исследуемой зоне;

– в варианте 3 (рис. 4) структура более однородная, чем в первых двух вариантах, распределение зон соединений жировых шариков более упорядочено и равномерно;

– в варианте 4 структура однородная, с равномерным распределением жировых шариков по всему объему, движение пузырьков газа также равномерно распределено по всему объему;

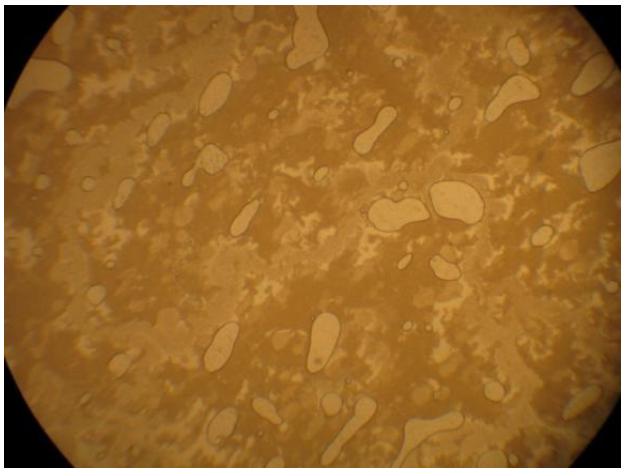

Рисунок 2. Структура пробы сметаны при Рг = 8 мПа

Figure 2. Sour cream sample structure at 8 MPa

Рисунок 3. Структура пробы сметаны при Рг = 12 мПа

Figure 3. Sour cream sample structure at 12 MPa

– в варианте 5 структура пробы молока практически не отличается от варианта 4, также наблюдается равномерное распределение жировых шариков по всему объему.

Дальнейший порядок проведения эксперимента был следующий. Во все отобранные пробы объемом 500 мл каждая внесена закваска: для кефира – ALBAmk, для сметаны – ALBAcck – бактериальный препарат прямого внесения.

Закваску отбирали из одной упаковки и вносили строго в соответствии с Рекомендациями по применению. Каждой пробы (из пяти вариантов, проводимых при разных значениях давления гомогенизации) отобрано по три образца: один из них помещали в термостат с установленной температурой 30 °С, второй – с температурой 35 °С, третий – с температурой 40 °С. В связи с этим температура сквашивания молока была различной, что отразилось на качественных показателях полученного продукта в различных изучаемых вариантах. Равное распределение закваски в пробах получено следующим образом. Общее коли-

Рисунок 4. Структура пробы сметаны при Р г = 14 мПа

Figure 4. Sour cream sample structure at 14 MPa

Таблица 1. Данные качественных показателей продукта при различных значениях давления гомогенизации (сметана)

Table 1. Quality indicators of sour cream at different values of homogenization pressure

Вариант показатель	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Давление, (Мпа)	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Кислотность, °Т					
$t_{ск}$ = 30 °С	73,0	73,5	74,5	75,5	73,5
$t_{ск}$ = 35 °С	70,0	70,0	72,0	73,0	71,5
$t_{ск}$ = 40 °С	69,0	69,5	70,5	72,0	70.5
Вязкость, с					
$t_{ск}$ = 30 °С	79,0	86,0	104,0	141,0	145,0*
$t_{ск}$ = 35 °С	77,0	81,5	100,0	133,0	140,0*
$t_{ск}$ = 40 °С	74,5	81,5	100,0	129,0	136,5*

* отбор проб для определения зависимости вязкости от давления проведен при давлении гомогенизации 15,0 Мпа;

* the homogenization pressure was 15.0 MPa during the sampling to determine the effect of viscosity on the pressure.

Таблица 2. Данные качественных показателей продукта при различных значениях давления гомогенизации (кефир)

Table 2. Quality indicators of kefir at different values of homogenization pressure

Вариант показатель	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Давление, (Мпа)	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0/15,0*
Кислотность, °Т					
$t_{ск}$ = 30 °С	8 3,5	86,0	88,0	90,0	87,0
$t_{ск}$ = 35 °С	83,5	85,0	87,0	88,5	87,5
$t_{ск}$ = 40 °С	82,5	83,0	84,5	85,0	83,5
Вязкость, с					
$t_{ск}$ = 30 °С	91,5	97,5	106,5	113,0	113,5*
$t_{ск}$ = 35 °С	87,0	90,5	97,0	109,0	111,5*
$t_{ск}$ = 40 °С	78,0	83,0	88,5	96,5	97,5*

* отбор проб для определения зависимости вязкости от давления проведен при давлении гомогенизации 15,0 Мпа;

* the homogenization pressure was 15.0 MPa during the sampling to determine the effect of viscosity on the pressure.

чество закваски в перерасчет на все пробы растворяли из расчета 1 к 200. Полученный раствор делили на равные части и вносили в пробы. Затем пробы помещали в термостат с постоянной температурой. Через некоторое время после внесения закваски периодически проводился замер кислотности во всех пробах по указанной выше стандартной методике.

Результаты и их обсуждение

Процесс сквашивания заканчивали в тот момент, когда в последней изучаемой пробе значение показателя кислотности входило в интервал значений, предусмотренных стандартом. Для кефира рекомендуемый интервал значений кислотности продукта в конце сквашивания составляет 80–110 °Т, для сметаны 70–85 °Т. На практике процесс заканчивается на нижних точках диапазона, так как в дальнейшем технологическом процессе (охлаждение, фасовка, хранение) кислотность еще продолжает незначительно повышаться. Результаты замеров кислотности для сметаны и кефира приведены в таблицах 1 и 2.

Анализ полученных данных при различных значениях давления гомогенизации позволяет сделать следующие выводы:

– оптимальная температура сквашивания сметаны наблюдается при температуре 31 °С, требуемая кислотность достигается в максимально короткое время. По аналогии с кефиром условия сквашивания обеспечивают максимальные качественные показатели готового продукта;

– в диапазоне значений давления гомогенизации 8,0–10,0 МПа кислотность сквашиваемого продукта растет медленно, что отрицательно сказывается на эффективности и управляемости процесса. Качество полученной сметаны низкое;

– в диапазоне значений давления гомогенизации 10,0–12,0 МПа течение процесса более интенсивное, чем в предыдущем указанном диапазоне, но сквашивание идет нестабильно. В результате полученный продукт имеет среднее качество: он может иметь как удовлетворительную, так и нестабильную структуру в зависимости от параметров, учесть которые довольно сложно;

– в диапазоне значений давления гомогенизации 12,0–14,0 МПа наблюдалось стабильное динамичное течение процесса. Требуемое значение кислотности достигалось в короткое время, что обеспечивает благоприятные условия для эффективного сквашивания продукта и получения сметаны хорошего качества;

– при обработке исходного продукта давлением, превышающим 14,0 МПа, наблюдался результат, аналогичный гомогенизации с давлением 10,0–12,0 МПа.

Определение вязкости готового продукта в относительных единицах (время истечения жидкости объемом 100 мл) в исследуемых пробах проводили по стандартной методике, указанной выше с использованием вискозиметра ВЗ-246. В зависимости от консистенции исследуемого продукта в вискозиметр устанавливали сопла с калиброванными отверстиями различного диаметра: d = 2,0; 4,0; 6,0 мм.

Анализ полученных данных по показателю вязкости позволяет сделать следующие выводы:

– при обработке в диапазоне давлений гомогенизации 6,0–9,0 МПа наблюдается незначительное повышение вязкости сметаны. Готовый продукт имеет жидкую неоднородную консистенцию;

– при давлении гомогенизации 11,8–14,0 МПа получаемый продукт имеет хорошую однородную консистенцию и требуемые стандартом вкусовые качества;

– максимальная вязкость сметаны зафиксирована при давлении 15,0 МПа, хотя рост этого показателя в диапазоне давлений 14,0–15,0 МПа незначительный при ощутимом росте энергозатрат на гомогенизацию;

– повышение температуры сквашивания ведет к снижению вязкости сметаны. Оптимальная консистенция продукта наблюдается при температуре сквашивания около 30 °С.

Анализ полученных данных при различных значениях давления гомогенизации позволяет сделать следующие выводы:

– оптимальная температура сквашивания кефира на-

ходится в диапазоне значений 30–35 °С. При температуре 31–33 °С требуемая кислотность достигается в максимально короткое время. Действие закваски достигает максимального эффекта, что позволяет эффективно регулировать ход процесса и получать продукт с прогнозируемыми показателями качества;

– в диапазоне значений давления гомогенизации 8,0–10,0 МПа кислотность сквашиваемого продукта растет медленно, что отрицательно сказывается на эффективности и управляемости процесса: для того, чтобы достичь требуемой кислотности кефира, необходимо длительное время. Результат – низкое качество готового продукта;

– в диапазоне значений давления гомогенизации 12,0–14,0 МПа наблюдалось динамичное течение процесса. Требуемое значение кислотности достигалось в короткое время, что обеспечивает благоприятные условия для эффективного сквашивания продукта и получения кефира хорошего качества;

– в диапазоне значений давления гомогенизации выше 14,0 МПа значительных изменений в динамике процесса сквашивания не наблюдалось. Это указывает на нецелесообразность повышения давления при производстве кефира свыше 14,0 МПа, так как это ведет к неоправданным энергозатратам.

Анализ полученных данных по показателю вязкости кефира показывает следующее:

– повышение давления гомогенизации ведет к увеличению вязкости кефира. При давлении свыше 11,5 МПа получаемый продукт имеет хорошую однородную консистенцию и требуемые стандартом вкусовые качества;

– повышение давления гомогенизации свыше 15,0 МПа нецелесообразно, так как существенных изменений качества продукта не наблюдается. В то же время энергозатраты на осуществление процесса возрастают;

– повышение температуры сквашивания ведет к снижению вязкости кефира. Оптимальная консистенция

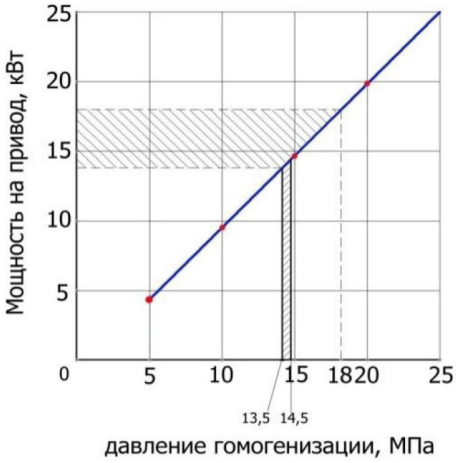

Рисунок 5. Зависимость мощности на привод гомогенизатора от давления (производительность процесса = $0{,}83\times10^{-3}$ м^3/с)

Figure 5. Effect of the pressure on the power of the homogenizer (process productivity = 0.83×10^{-3} m^3/s)

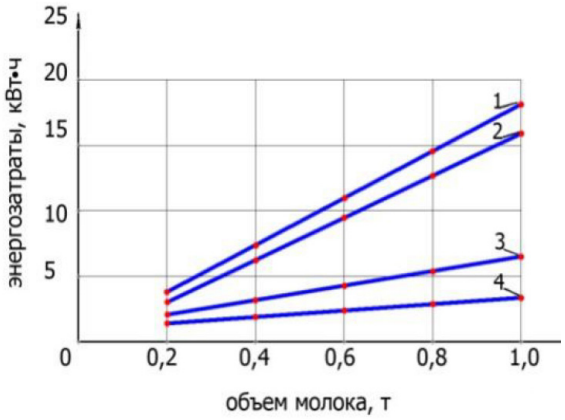

Рисунок 6. Сравнительная характеристика удельных энергетических затрат на гомогенизацию: 1 – существующая технология (Рг = 18 мПа); 2 – давление гомогенизации 14 мПа; 3 – использование гелиоподогрева, давление 14 мПа; 4 – использование гелиоподогрева при оптимизированном давлении 14 мПа

Figure 6. Comparative characteristics of the specific energy consumption for homogenization: 1 – existing technology (18 MPa); 2 – homogenization pressure of 14 MPa; 3 – solar heating at 14 MPa; 4 – solar heating at 14 MPa.

продукта наблюдается при температуре сквашивания около 30 °С.

Данный эксперимент проводился при постоянном значении температуры пастеризации 83 °С.

Так как реализация процесса гомогенизации требует создания высокого давления, соответственно энергетические затраты на процесс довольно высокие. Кроме того, по технологическим требованиям необходим подогрев исходного продукта (молока, сливок, обезжиренного молока) до 60 °С.

Предлагаемые в настоящей работе технические и технологические рекомендации дают предпосылки снижения энергозатрат по следующим направлениям:

– снижение рабочего давления гомогенизации путем оптимизации в рамках рекомендованного диапазона;

– использование гелиоколлекторов для подогрева молока перед гомогенизацией посредством теплоносителя. Данные рекомендации опубликованы в работах [1, 2].

Экспериментальные исследования проводились в учебно-технологической лаборатории переработки молока Академии биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета.

На рисунке 5 приведена зависимость показателя энергозатрат от давления гомогенизации.

Приведенная зависимость носит линейный характер. Из графика видно, что повышение рабочего давления на 1 мПа потребует дополнительно около 1,1 кВт/ч электроэнергии на привод гомогенизационной установки. В связи с этим снижение давления с 18 мПа, которое рекомендуется для работы гомогенизатора, до 14 мПа, обоснованное в результате исследований, дает возможность экономии 4,4 кВт/ч электроэнергии [5].

На рисунке 6 приведены сравнительные графические зависимости удельных энергетических затрат

на гомогенизацию для существующего варианта при работе с оптимизированным давлением, а также с использованием гелиоподогрева при оптимизированном давлении.

Выводы

1. Давление гомогенизации Рг является значимым фактором, оказывающим влияние на протекание процесса сквашивания при производстве кисломолочных продуктов, в частности кефира и сметаны, и оказывает существенное влияние на консистенцию готового кисломолочного продукта.

2. Оптимальные значения давления гомогенизации для получения кисломолочных продуктов с высокими вкусовыми качествами и хорошей консистенцией находятся в интервале 13,5–14,5 МПа.

3. Оптимальная температура сквашивания кефира составляет 31–33 °С, сметаны – 30–34 °С.

4. Оптимизация давления исследуемого процесса позволяет снизить удельные энергозатраты на 4,4 кВт/ч на тонну продукции, что составляет 24,4 %. Использование гелиоколлекторов для предварительного подогрева молока перед гомогенизацией позволяет снизить удельные энергозатраты минимум на 10,5 кВт/ч на тонну по исходной продукции.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству университета в доступе к технологической лаборатории переработки молока Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» для получения экспериментальных данных.

Финансирование

Статья выполнена согласно тематического плана инициативных научно-исследовательских работ на 2015–2019 годы (с корректировкой в 2017 г.) Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Гербер, Ю. Б. Совершенствование технологии приготовления кисломолочных продуктов на примере кефира / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, В. А Маньшина // Научные труды ЮФ НУБиП «КАТУ». – 2009. – Т. 123. – С. 116–122.

2. Гербер, Ю. Б. Исследование предварительного подогрева теплоносителя комплексным энергозамещающим устройством в тепловых процессах переработки молока / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 124–132. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-124-132.

3. Мачихин, Ю. А. Реометрия пищевого сырья и продуктов / Ю. А. Мачихин, А. В. Горбатов, А. С. Максимов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 223 с.

4. Горбунова, Л. Н. Сравнение технологических процессов производства кефира и кефирного продукта / Л. Н. Горбунова, Н. Г. Догарева // Молодой ученый. – 2017. – Т. 143, № 9. – С. 48–51.

5. Ермолаев, В. А. Анализ влияния способа подвода теплоты на процесс вакуумного обезвоживания молочных продуктов / В. А. Ермолаев, D. Grytsenko, В. В. Юрченко // Сборник трудов Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии» / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2018. – С. 290–295.

6. Козлова, О. В. Совершенствование технологии получения молочно-белковых концентратов, оценка состава и технологических свойств / О. В. Козлова, Т. Ч. Тултабаева // Сборник трудов Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии» / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2018. – С. 33–43.

7. Кригер, О. В. Разработка поликомпонентного пробиотика на основе лактобактерий, выделенных из национальных кисломолочных продуктов / О. В. Кригер, Сюй Вэй // Сборник трудов Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии» / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2018. – С. 44–47.

8. Кригер, О. В. Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов / О. В. Кригер, С. Ю. Носкова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, №4. – С. 30–38. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-30-38.

9. Ботвинникова, В. В. Формирование потребительских свойств кисломолочных напитков на основе эффектов ультразвука / В. В. Ботвинникова, О. Н. Красуля // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3, № 4. – С. 30–40. DOI: https://doi.org/10.14529/food150405.

10. Пастухов, А. Г. Исследования работоспособности соединения «плунжер-уплотнение» гомогенизатора молока / А. Г. Пастухов, И. Ш. Бережная // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 17, № 1. – С. 42–59.

11. Скриплева, Е. А. Исследование реологических характеристик кисломолочного напитка, обогащенного биологически активными веществами / Е. А. Скриплева, Т. П. Арсеньева, А. Г. Новоселов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2017. – Т. 359–360, № 5–6. – С. 60–63.

12. Влияние технологических факторов на структурно-механические и технологические свойства полуфабрикатов из творога / Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров, О. А. Гринченко [и др.] // Технические науки и технологии. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 204–215.

13. Доровских, В. И. Обоснование критериев оценки эффективности использования оборудования для первичной обработки молока / В. И. Доровских, Д. В. Доровских, С. Ф. Х. Альлами // Наука в центральной России. – 2016. – Т. 23, № 5. – С. 62–69.

14. Ивкова, И. А. Сухой кисломолочный продукт / И. А. Ивкова, А. С. Пиляева // Молочная промышленность. – 2012. – № 8. – С. 83.

15. Ивкова, И. А. Разработка технологии сухого кисломолочного (сметанного) продукта / И. А. Ивкова, А. С. Пиляева, Г. М. Копылов // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 32, № 1. – С. 35–39.

16. Основные аспекты получения напитков из молочной сыворотки с добавлением растительных полисахаридов на основе использования процесса ультрафильтрации / С. П. Бабенышев, С. А. Емельянов, В. Е. Жидков [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38, № 3. – С. 5–10.

17. Иркитова, А. Н. Некоторые аспекты биотехнологии пробиотического кисломолочного напитка на основе комбинированной закваски / А. Н. Иркитова, И. А. Функ, Р. В. Дорофеев // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42, № 3. – С. 19–24.

18. Смирнова, И. А. Изучение фракционного состава молочно-белковых концентратов с целью их применения в производстве молочных продуктов / И. А. Смирнова, Н. Ю. Гутов, А. В. Юрташкина // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 69–73.

19. Gremenok, V. F. Thin film solar cells based on Cu (In, Ga) Se2 / V. F. Gremenok // ECOBALTIC 2006: Proceedings of the VI International Youth Environmental Forum / St. Petersburg State Polytechnic University. – St. Petersburg, 2006. – P. 24–28.

20. Режим доступа: http://www.avante.com.ua/rus/library/lib perspektiv soln energetiki.htm. – Дата доступа: 30.03.2019.

21. Бояринцев, А. Э. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс] / А. Э. Бояринцев, Н. М. Семененко // Концепт. – 2015. – Т. 25. – С. 106–110. – Режим доступа: http://e-koncept.ru/2015/65324.htm. – Дата доступа: 30.03.2019.

References

1. Gerber YuB, Gavrilov AV, Man′shina VA. Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniya kislomolochnykh produktov na primere kefira [Improving the technology of fermented milk processing for kefir production]. Nauchnye trudy YUF NUBiP ‘KATU’ [Proceedings of the Academy of Biological Resources and Environmental Management ‘KATU]. 2009;123:116–122. (In Russ.).

2. Gerber YuB, Gavrilov AV, Verbitsky AP. Thermal Treatment in Milk Processing: Using a Complex Energy-Substitution Equipment during Preliminary Water Heating. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(3):124–132. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-124-132.

3. Machikhin YuA, Gorbatov AV, Maksimov AS. Reometriya pishchevogo syr′ya i produktov [Rheometry of food raw materials and products]. Moscow: Agropromizdat; 1989. 223 p. (In Russ.).

4. Gorbunova LN, Dogareva NG. Sravnenie tekhnologicheskikh protsessov proizvodstva kefira i kefirnogo produkta [Comparative analysis of technological processes during kefir and kefir product production]. Young Scientist. 2017;143(9):48–51. (In Russ.).

5. Ermolaev VA, Grytsenko D, Yurchenko VV. Analiz vliyaniya sposoba podvoda teploty na protsess vakuumnogo obezvozhivaniya molochnykh produktov [Analysis of the effect of the heat supply method on the vacuum dehydration process of dairy products]. Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma ‘Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii’ [Proceedings of the International Symposium ‘Innovations in food biotechnology’]; 2018; Kemerovo. Kemerovo: Kemerovo State University; 2018. p. 290–295. (In Russ.).

6. Kozlova OV, Tultabaeva TCh. Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya molochno-belkovykh kontsentratov, otsenka sostava i tekhnologicheskikh svoystv [Improving the technology of milk-protein concentrates and assessing their composition and technological properties]. Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma ‘Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii’ [Proceedings of the International Symposium ‘Innovations in food biotechnology’]; 2018; Kemerovo. Kemerovo: Kemerovo State University; 2018. p. 33–43. (In Russ.).

7. Kriger OV, Syuy Vehy. Razrabotka polikomponentnogo probiotika na osnove laktobakteriy, vydelennykh iz natsional′nykh kislomolochnykh produktov [Development of a multicomponent probiotic based on lactobacilli isolated from national fermented milk products]. Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma ‘Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii’ [Proceedings of the International Symposium ‘Innovations in food biotechnology’]; 2018; Kemerovo. Kemerovo: Kemerovo State University; 2018. p. 44–47. (In Russ.).

8. Kriger OV, Noskova SYu. Properties of Lactic Acid Microorganisms: Long-Term Preservation Methods. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(4):30–38. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-30-38.

9. Botvinnikova VV, Krasulya ON. Formulation of consumer properties of fermented milk products on the basis of ultrasound exposure. Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2015;3(4):30–40. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14529/food150405.

10. Pastukhov AG, Berezhnaya ISh. Research of working performance of the connection ‘plunger-seal’ of milk homogenizer. Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2018;17(1):42–59. (In Russ.).

11. Skripleva EA, Arseneva TP, Novoselov AG. Research of the rheological characteristics of a fermented milk beverage enriched with biologically active substances. News of institutes of higher education. Food technology. 2017;359–360(5–6):60–63. (In Russ.).

12. Grynchenko NG, Pyvovarov PP, Grynchenko OA, Tyutyukova DA, Plotnikova RV. Influence of technological factors on structural-mechanical and technological properties of semi-fabricates from lactic cheese. Technical sciences and technologies. 2018;12(2):204–215. (In Russ.).

13. Dorovskih VI, Dorovskih DV, Sadeq FHA-L. Justification criteria for assessing the effectiveness of use equipment for primary processing of milk. Nauka v tsentral′noy Rossii [Science of Central Russia]. 2016;23(5):62–69. (In Russ.).

14. Ivkova IA, Pilyaeva AS. Powdered fermented milk product. Dairy Industry. 2012;(8):83. (In Russ.).

15. Ivkova IA, Pilyaeva AS, Kopylov GM. Development of dry fermented milk (sour cream) product technology. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;32(1):35–39. (In Russ.).

16. Babenyshev SP, Emelyanov SA, Zhidkov VE, Mamay DS, Utkin VP. Main aspects of producing whey beverages with the addition of plant polysaccharides based on the use of ultrafiltration. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;38(3):5–10. (In Russ.).

17. Irkitova AN, Funk IA, Dorofeev RV. Some aspects of biotechnology of probiotic fermented milk drink based on combined starter. Food Processing: Techniques and Technology. 2016;42(3):19–24. (In Russ.).

18. Smirnova IA, Gutov NYu, Yurtashkina AV. Studying of fractional composition of milk-protein concentrates for the purpose of their application in production of dairy products. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;45(2):69–73. (In Russ.).

19. Gremenok VF. Thin film solar cells based on Cu (In, Ga) Se2. ECOBALTIC 2006: Proceedings of the VI International Youth Environmental Forum; 2006; St. Petersburg. St. Petersburg: St. Petersburg State Polytechnic University; 2006. p. 24–28.

20. [Internet]. [cited 2019 Mar 30]. Available from: http://www.avante.com.ua/rus/library/lib perspektiv soln energetiki.htm.

21. Boyarintsev AEh, Semenenko NM. Al′ternativnye istochniki ehnergii [Alternative sources of energy]. Kontsept [Concept]. 2015 [cited 2019 Mar 30]; 25:106–110. (In Russ.). Available from: http://e-koncept.ru/2015/65324.htm.

Сведения об авторах

Гербер Юрий Борисович
д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7 (978) 758-28-55, e-mail: gerber_1961@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3224-6833

Гаврилов Александр Викторович
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7 (978) 736-61-57, e-mai:l tehfac@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3382-0307

Information about the authors

Yuriy B. Gerber
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock Raising, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7 (978) 758-28-55, e-mail: gerber_1961@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3224-6833

Alexander V. Gavrilov
Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of the Department of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock Raising, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7 (978) 736-61-57, e-mail: tehfac@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3382-0307