

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА /
TECHNOLOGIES, MACHINES AND EQUIPMENT FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22>

РАЗРАБОТКА ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МОЛОЧНЫХ СМЕСЕЙ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЙОГУРТОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

Научная статья

Носова Е.В.¹, Гаврилов А.В.², Гербер Ю.Б.³, Поротова Е.Ю.^{4*}, Каледина М.В.⁵

⁴ORCID : 0000-0001-6124-6416;

^{1, 2, 3, 4} Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

⁵ Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (alenaPOROTOVA[at]gmail.com)

Аннотация

В статье описано усовершенствование конструкции механической мешалки для перемешивания многокомпонентных молочно-растительных смесей при производстве йогуртов. Предварительно изучено влияние концентрации белка и дозировки растительных добавок на реологические свойства многокомпонентных молочных смесей для йогуртов. На основании полученных результатов проведены конструкторские расчёты. Спроектированная установка для приготовления смесей состоит из мешалки, винтового подъемного устройства и емкости. Для уменьшения энергопотерь мешалка приводится во вращение непосредственно от вала электродвигателя. Емкость имеет обечайку цилиндрической формы с эллиптическим днищем, что предотвращает образование застойных зон. Основным рабочим элементом мешалки является система «статор-ротор». Принцип действия заключается в том, что компоненты молочно-растительной смеси попадают в зазор между статором и быстро вращающимся ротором с лопастями специальной конструкции. Кинетическая энергия и уникальные конструкции рабочих элементов создают турбулентные осевые и радиальные потоки в жидкости. Благодаря радиальному потоку частицы проходят через щели в статоре, а другие перемещаются в осевом направлении. Эти факторы в совокупности приводят к уменьшению размеров частиц, их быстрому растворению и равномерному распределению по всему объему жидкости, в результате чего получается стабильная суспензия. Основные технические характеристики устройства: объем емкости 0,2 м³, рабочее давление – налив, мощность электродвигателя мешалки 3,5 кВт, мощность электродвигателя подъемного устройства, 0,12 кВт, напряжение питающей сети 3x380 (50 Гц) В.

Ключевые слова: перемешивающие устройства, молочно-растительные смеси, порошок топинамбура, порошок зизифуса, система «статор-ротор», лопастная мешалка.

DEVELOPMENT OF A MIXING DEVICE FOR PREPARATION OF MILK MIXTURES IN THE PRODUCTION
OF YOGHURT WITH VEGETABLE SUPPLEMENTS

Research article

Nosova E.V.¹, Gavrilov A.V.², Gerber Y.³, Porotova E.Y.^{4*}, Kaledina M.V.⁵

⁴ORCID : 0000-0001-6124-6416;

^{1, 2, 3, 4} V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

⁵ Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russian Federation

* Corresponding author (alenaPOROTOVA[at]gmail.com)

Abstract

The article describes the improvement of the design of a mechanical stirrer for mixing multicomponent milk-plant mixtures for yoghurt production. The influence of protein concentration and dosage of vegetable supplements on the rheological properties of multicomponent milk mixtures for yoghurt is studied in advance. On the basis of the obtained results the design calculations were carried out. The designed unit for preparation of mixtures consists of a mixer, a screw lifting device and a container. To reduce energy losses, the mixer is driven directly from the motor shaft. The tank has a cylindrical shell with an elliptical bottom, which prevents the formation of stagnant zones. The main working element of the mixer is the stator-runner system. The principle of operation is that the components of the milk and vegetable mixture fall into the gap between the stator and the rapidly rotating rotor with specially designed blades. Kinetic energy and unique designs of working elements create turbulent axial and radial flows in the liquid. The radial flow allows particles to pass through slots in the stator while others move axially. These factors together lead to particle size reduction, their rapid dissolution and uniform distribution throughout the liquid, resulting in a stable suspension. Main technical characteristics of the device: volume of the tank 0,2 m³, working pressure – filling, power of the electric motor of the mixer 3,5 kW, power of the electric motor of the lifting device, 0,12 kW, voltage of the supply network 3x380 (50 Hz) V.

Keywords: mixing devices, milk and vegetable mixtures, girasole powder, red date powder, stator-runner system, paddle mixer.

Введение

Процесс перемешивания играет ключевую роль в молочной промышленности, так как он необходим для обеспечения равномерности и однородности продуктов [1]. В производстве молочных продуктов, таких как йогурт, творог, сливочное масло и молоко с добавлением различных ингредиентов, перемешивание помогает равномерно

распределить все компоненты, чтобы обеспечить однородное качество и вкус продукта. Помимо этого, перемешивание также способствует улучшению текстуры и консистенции молочных продуктов. Например, в производстве йогуртов перемешивание поддерживает однородное смешивание молочного белка и других компонентов, что обеспечивает желаемую текстуру и вкус [2].

В молочной отрасли наиболее распространённым способом перемешивания является внесение механической энергии из внешнего источника в среду, которую необходимо перемешать. Механическое перемешивание осуществляется с использованием мешалок, которые приводятся во вращение либо напрямую через электродвигатель, либо с помощью редуктора или клиноременной передачи. Существуют также мешалки с движением возвратно-поступательного типа, которые управляются механическим или электромагнитным вибратором. Процесс механического перемешивания с использованием мешалок сводится к внешней задаче гидродинамики – тела обтекаются жидкостным потоком [3], [4], [5].

В последние годы прослеживается рост инновационных разработок молочных продуктов функционального назначения, в рецептуры некоторых на этапе нормализации дополнительно вводят функциональные ингредиенты: белки, биологически активные добавки, растительные полисахариды, растительное сырье и т.д. Соответственно изменяются физико-химические свойства всей молочной системы [6]. На практике применяют установки для приготовления нормализованных смесей, которые не обеспечивают необходимую степень диспергирования компонентов [7], способных образовывать труднорастворимые конгломераты, что приводит к снижению качества продукта и повышению энергозатрат при последующих технологических процессах, в частности при гомогенизации.

Целью работы являлась разработка перемешивающего устройства для приготовления многокомпонентных молочно-растительных смесей для йогуртов на основании данных взаимного влияния белка и порошков растительных наполнителей (топинамбура, зизифуса).

В этой связи необходимо было произвести усовершенствование конструкций существующих перемешивающих устройств, которое достигается путем изменения формы мешалки. Исходя из сложившихся на данный момент условий производства продукции, было необходимо разработать мешалку малой производительности.

Методы и принципы исследования

Для получения исходных данных для расчета перемешивающего устройства проведены исследования влияния различных факторов на плотность и вязкость молочных систем, используя математическое планирование эксперимента по плану ПФЭ-2. Обработку результатов осуществляли в программе Statistica. Это позволило определить совместное влияние на свойства молочно-растительных систем двух факторов:

X_1 – концентрации белка, C_L , % (концентрат Лактобел);

X_2 – концентрации порошка топинамбура, C_K , % (порошок из клубней топинамбура: массовая доля инулина 36,8%, массовая доля пектиновых веществ 11%, массовая доля пищевых волокон 7%) и концентрации порошка зизифуса, C_Φ , % (финик унаби порошок мякоти: массовая доля пектиновых веществ 14,5%, массовая доля пищевых волокон 21,8%, массовая доля углеводов 57,3%).

Пределы варьирования исследуемых факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Пределы изменения исследуемых факторов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.1>

Условия варьирования	Пределы изменения факторов		
	C_L , %	C_K , %	C_Φ , %
Верхний уровень(+1)	15	0,7	2,6
Нижний уровень (-1)	5	0,2	0,8
Центр плана (0)	10	0,45	1,7
Интервал варьирования	5	0,25	0,9
Звездная точка +R+1,414	17,07	0,804	2,973
Звездная точка -R-1,414	2,93	0,097	0,427

Перемешивающее устройство необходимо на этапе составления нормализованной смеси до термической обработки (пастеризации, УВТ-обработки). Поэтому для имитации процесса в нормализованное по жиру молоко вносили растительные наполнители и концентрат натурального казеина при оптимальной для растворения температуре 45-50 °С. Далее тщательно перемешивали и охлаждали до 20 °С. Вязкость молочно-растительных смесей измеряли вискозиметрическим методом на вискозиметре Гепплера (Вискозиметр с падающим шариком (Гепплера), тип С, Thermo FS). Плотность определяли ареометром по ГОСТ Р 54758-2011.

Основные результаты и их обсуждения

Поверхность отклика, описывающая зависимости изменений плотности молочно-растительных смесей для йогурта от массовой доли белка и дозировки растительной добавки топинамбура представлена на рисунке 1. Полученный результат описывается уравнением регрессии, имеющий следующий вид:

$$\rho = 1051,13 + 3,68 \times C_{\text{л}} + 4,33 \times C_{\text{к}} \quad (1)$$

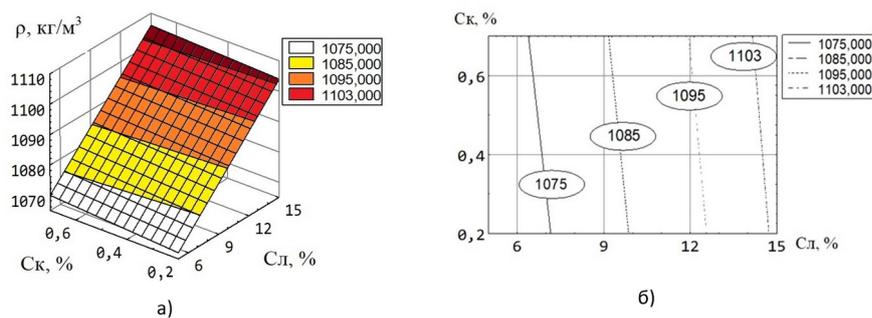


Рисунок 1 - Изменение плотности молочно-растительной смеси от концентрации белка и порошка топинамбура:

a – поверхность отклика; *б* – изолинии ее сечения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.2>

С увеличением концентрации белка плотность молочной системы увеличивается на всем диапазоне изменения содержания топинамбура, характер изменения носит линейный характер. При увеличении концентрации топинамбура плотность молочной смеси незначительно увеличивается. Влияние концентрации белка в большей степени отражается на изменении плотности, чем содержание топинамбура.

Поверхность отклика, описывающая зависимости изменений плотности молочно-растительных смесей для йогурта от массовой доли белка и дозировки растительной добавки порошок зизифуса представлена на рисунке 2. Полученный результат описывается уравнением регрессии, имеющий следующий вид:

$$\rho = 1046,056 + 3,35 \times C_{\text{л}} + 8,056 \times C_{\text{ф}} \quad (2)$$

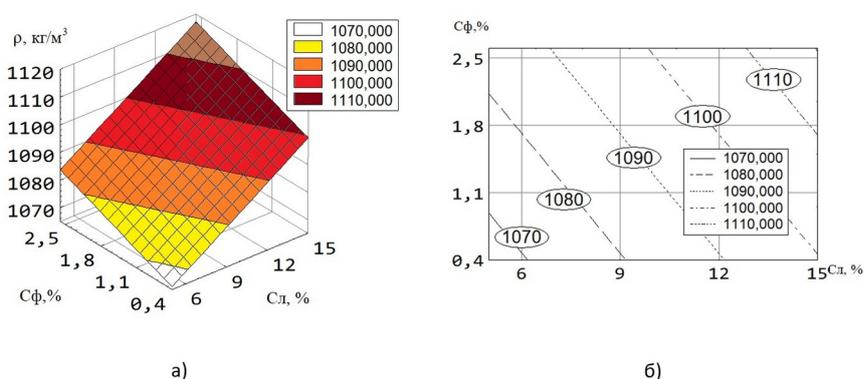


Рисунок 2 - Изменение плотности молочно-растительной смеси от концентрации белка и порошка зизифуса:

a – поверхность отклика; *б* – изолинии ее сечения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.3>

Увеличение концентрации порошка зизифуса на все промежутке изменения белка ведет к увеличению плотности. При увеличении содержания белка, на всем диапазоне изменения концентрации порошка зизифуса, плотность молочной смеси увеличивается пропорционально. Влияние концентрации белка в большей степени отражается на изменении плотности, чем содержание порошка зизифуса. Межфакторного взаимодействия не наблюдается.

Поверхность отклика, описывающая зависимости изменений вязкости молочно-растительных смесей для йогурта от массовой доли белка и дозировки растительной добавки порошок зизифуса представлена на рисунке 3. Полученный результат описывается уравнением регрессии, имеющий следующий вид:

$$\eta = -3,33 - 0,222 \times C_{\text{л}} + 40,9 \times C_{\text{к}} + 3,46 \times C_{\text{л}} \times C_{\text{к}} \quad (3)$$

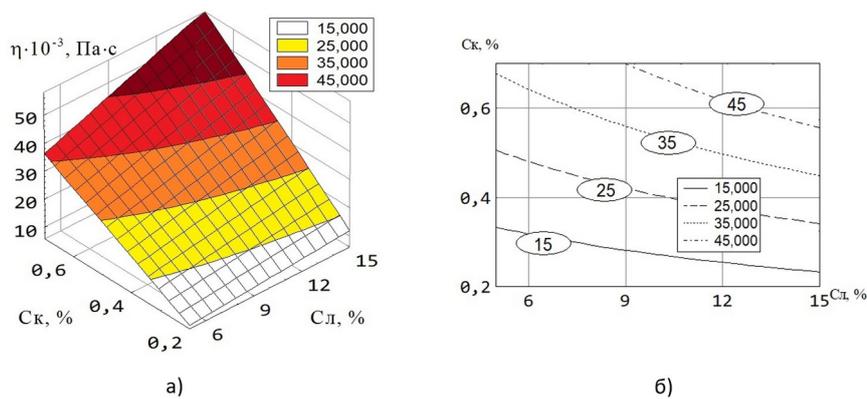


Рисунок 3 - Изменение вязкости молочно-растительной смеси от концентрации белка и порошка топинамбура: а – поверхность отклика; б – изолинии ее сечения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.4>

Увеличение концентрации топинамбура при одной и той же концентрации белка ведет к увеличению вязкости молочной смеси. При увеличении содержания белка, на всем диапазоне изменения растительного компонента, вязкость смеси увеличивается. Влияние концентрации на вязкость в наибольшей степени отражается на ее изменении по сравнению с межфакторным взаимодействием и влиянием содержания белка.

Поверхность отклика, описывающая зависимости изменений вязкости молочно-растительных смесей для йогурта от массовой доли белка и дозировки растительной добавки порошок зизифуса представлена на рисунке 4. Полученный результат описывается уравнением регрессии, имеющий следующий вид:

$$\eta = 14,976 - 1,865 \times C_l - 2,071 \times C_f + 0,313 \times C_l \times C_f + 0,097 \times C_{л2} \quad (4)$$

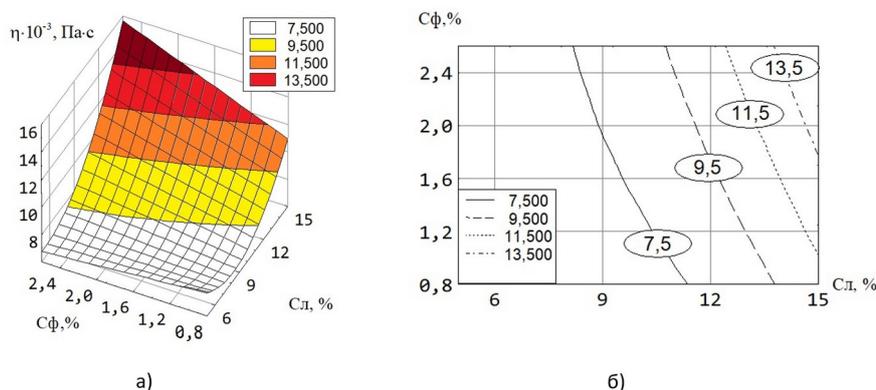


Рисунок 4 - Изменение вязкости молочно-растительной смеси от концентрации белка и порошка зизифуса: а – поверхность отклика; б – изолинии ее сечения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.5>

С увеличением концентрации растительного компонента вязкость молочного сырья повышается при одной и той же концентрации белка. Повышение концентрации белка также приводит к возрастанию плотности при одинаковом содержании порошка зизифуса. Влияние концентрации белка имеет квадратичную зависимость, а зизифуса линейную. Межфакторное взаимодействие незначительно отражается на изменении вязкости. Концентрации белка в большей степени влияет на вязкость чем изменение концентрации растительного порошка.

На основании полученных данных о влиянии растительных добавок и белка на физико-химические показатели молочно-растительной системы был проведён конструктивный расчет установки для перемешивания многокомпонентной растительной смеси [8], [9], [10]. При расчете использовали максимальные предельные значения полученных показателей плотности и вязкости молочно-растительных смесей. Разработанная установка для приготовления смесей состоит из мешалки 1, винтового подъемного устройства 2 и емкости 3 (рисунок 5). Для уменьшения потерь мощности мешалка приводится во вращение непосредственно от вала электродвигателя. Емкость имеет обечайку цилиндрической формы и эллиптическое днище, что гарантирует отсутствие застойных зон.

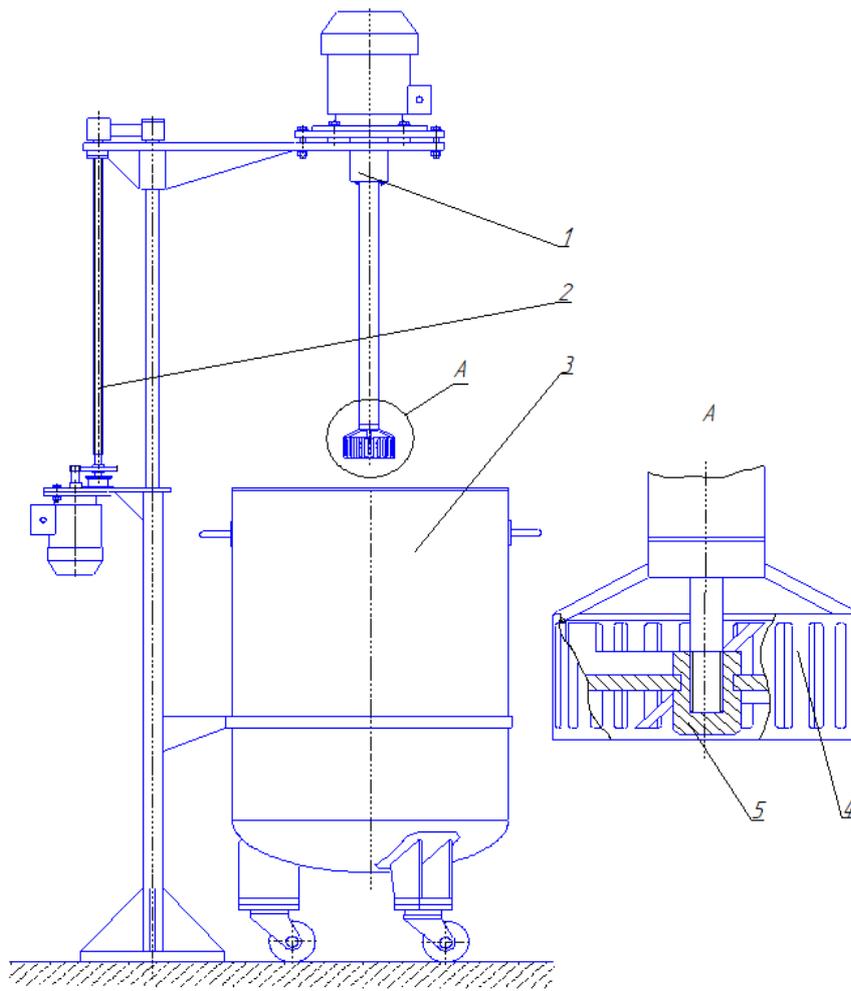


Рисунок 5 - Общий вид разработанного перемешивающего устройства:
1 – мешалка; 2 – подъемный механизм; 3 – емкость; 4 – статор; 5 – ротор (мешалка)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.6>

Основным рабочим элементом мешалки является система «статор-ротор». Принцип действия заключается в следующем: компоненты молочно-растительной смеси попадают в зазор между статором 4 и быстро вращающимся ротором 5, имеющим лопасти специальной конструкции.

За счет кинетической энергии и особенностей конструкций рабочих элементов в жидкости возникают турбулентные осевой и радиальные потоки. Благодаря радиальному потоку частицы проходят через щели в статоре, а за счет другого потока частицы перемещаются в осевом направлении. Совместное действие указанных факторов приводит к уменьшению размеров частиц, их быстрому растворению и равномерному распределению по всему объему жидкости. В результате получают стабильную суспензию.

Основные технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные технические данные и характеристики

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.22.7>

Объем емкости, м ³	0,2
Рабочее давление	Налив
Мощность электродвигателя мешалки, кВт	3,5
Мощность электродвигателя подъемного устройства, кВт	0,12
Напряжение питающей сети, В	3x380(50 Гц)

Заключение

По полученным результатам установлены следующие закономерности. С повышением дозы внесения растительных добавок возрастает плотность многокомпонентных смесей. Самые высокие показатели плотности отмечены в смесях, содержащих белок и порошок зизифуса, что можно объяснить присутствием большего количества

пектина и пектиновых веществ в растительной добавке, загущающих растворов. Зависимость изменения плотности для обеих растительных добавок имело линейный и пропорциональный характер. А вот вязкость для двух добавок изменялась по-разному. С порошком топинамбура вязкость молочно-растительных смесей определялось в значительной мере дозировкой данной добавки и имело линейный характер. В первую очередь, это связано способностью порошка топинамбура хорошо связывать и удерживать воду без термической обработки. В присутствии порошка зизифуса и с повышением массовой доли белка зависимость приобретала квадратичный характер и в данных молочно-растительных смесях вязкость в большей степени зависела от содержания белка, приобретая максимальные значения в диапазоне значений 10-15%. Однако с повышением массовой доли порошка зизифуса его влияние на вязкость усиливалось. Стоит отметить тот факт, что плотность молочных смесей с топинамбуром меньше, чем с зизифусом, а вот значения вязкости наоборот. Это связано с различными свойствами растительных наполнителей в растворах.

На основании полученных данных разработан новый тип мешалки, предназначенный для перемешивания и растворения в части молочной нормализованной смеси для производства йогуртов различных сухих рецептурных ингредиентов, растительных добавок, стабилизаторов, сухого белка. Полученные молочно-растительные смеси с хорошо диспергированными компонентами далее смешивают с основной массой нормализованной смеси для последующих технологических операций (пастеризация, внесение закваски, сквашивание и т.д.). Установка включает в себя мешалку, винтовое подъемное устройство и емкость. Основным рабочим элементом мешалки является система «статор-ротор». За счет кинетической энергии и специфических дизайнов рабочих элементов создаются турбулентные потоки в жидкости. Благодаря радиальному потоку, частицы проходят через отверстия в статоре, в то время как другие перемещаются в продольном направлении. Эти процессы вместе способствуют уменьшению размеров частиц, их быстрому растворению и равномерному распределению по всему объему жидкости, в результате формируется стабильная суспензия. Конструкция мешалки позволяет получать хорошо диспергированные смеси для различных рецептур йогуртов с растительными порошками и высоким содержанием белка, так как в расчетах приняты максимально возможные показатели плотности и вязкости смесей для подобного рода продуктов, имеющих определенные конечные показатели качества и функциональной ценности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Островская Т.В. Экспериментальное исследование процесса перемешивания в аппарате с мешалкой / Т.В. Островская, А.В. Девкин, О.А. Тишин // Известия Волгоградского государственного технического университета. — 2022. — № 1 (88). — С. 88-90.
2. 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: 10.21603/2074-9414-2019-3-375-382.
3. Мартьянов Е.И. Оптимизация конструкционных параметров механических мешалок для перемешивания жидкости в вертикальных емкостных аппаратах / Е.И. Мартьянов, С.В. Карпушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2023. — Т. 29. — № 3. — С. 444-452.
4. Голованчиков А.Б. Исследование процесса перемешивания в аппаратах с использованием комбинированных мешалок / А.Б. Голованчиков, К.В. Чёрикова, Т.С. Кинжибаева // Современные исследования. — 2018. — № 10 (14). — С. 43-45.
5. Газизуллин Н.А. Перемешивание жидкости в аппарате с лопастной мешалкой / Н.А. Газизуллин // Вестник Ижевского государственного технического университета. — 2020. — № 3 (47). — С. 20-23.
6. Курбанова М.Г. Химия и физика молока / М.Г. Курбанова, Е.М. Лобачева, Р.А. Ворошилин. — Кемерово: КемГУ, 2023. — 174 с.
7. Соболев И.В. Технологическое оборудование пищевых производств / И.В. Соболев, А.А. Варивода, Т.В. Щеколдина. — Краснодар: КубГАУ, 2019. — 251 с.
8. Мартьянов Е.И. Использование численных методов решения задач гидродинамики в аппаратах с мешалкой / Е.И. Мартьянов, Е.Н. Малыгин // Математические методы в технике и технологиях. — ММТТ, 2020. — Т. 6. — С. 44-48.
9. Мартьянов Е.И. Математическое описание полей скоростей в аппарате с мешалкой / Е.И. Мартьянов, Е.Н. Малыгин // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). — 2020. — № 54 (80). — С. 107-111.
10. Хозяев И.А. Проектирование технологического оборудования пищевых производств / И.А. Хозяев. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 272 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ostrovskaja T.V. Jeksperimental'noe issledovanie processa peremeshivaniya v apparate s meshalkoj [An Experimental Study of the Stirring Process in an Apparatus with a Stirrer] / T.V. Ostrovskaja, A.V. Devkin, O.A. Tishin // *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Proceedings of Volgograd State Technical University]. — 2022. — № 1 (88). — P. 88-90. [in Russian]
2. Gerber Ju.B. Obosnovanie parametrov mehanicheskoj obrabotki moloka pri proizvodstve kislomolochnyh produktov [Justification of Parameters of Mechanical Processing of Milk in the Production of Sour Milk Products] / Ju.B.Gerber, A.V. Gavrilov // *Tehnika i tehnologija pishhevych proizvodstv* [Technique and Technology of Food Productions]. — 2019. — Vol. 49. — № 3. — P. 375-382. — DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-375-382. [in Russian]
3. Mart'janov E.I. Optimizacija konstrukcionnyh parametrov mehanicheskikh meshalok dlja peremeshivaniya zhidkosti v vertikal'nyh emkostnyh apparatah [Optimization of Design Parameters of Mechanical Stirrers for Mixing Liquids in Vertical Tank Apparatuses] / E.I. Mart'janov, S.V. Karpushkin // *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Bulletin of Tambov State Technical University]. — 2023. — Vol. 29. — № 3. — P. 444-452. [in Russian]
4. Golovanchikov A.B. Issledovanie processa peremeshivaniya v apparatah s ispol'zovaniem kombinirovannyh meshalok [A Study of Mixing Process in Apparatuses with the Use of Combined Stirrers] / A.B. Golovanchikov, K.V. Chjorikova, T.S. Kinzhibaeva // *Sovremennye issledovanija* [Modern Research]. — 2018. — № 10 (14). — P. 43-45. [in Russian]
5. Gazizullin N.A. Peremeshivanie zhidkosti v apparate s lopastnoj meshalkoj [Stirring of Liquid in an Apparatus with a Paddle Stirrer] / N.A. Gazizullin // *Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Bulletin of Izhevsk State Technical University]. — 2020. — № 3 (47). — P. 20-23. [in Russian]
6. Kurbanova M.G. Himija i fizika moloka [Chemistry and Physics of Milk] / M.G. Kurbanova, E.M. Lobacheva, R.A. Voroshilin. — Kemerovo: KemSU, 2023. — 174 p. [in Russian]
7. Sobol' I.V. Tehnologičeskoe oborudovanie pishhevych proizvodstv [Technological Equipment of Food Processing Plants] / I.V. Sobol', A.A. Varivoda, T.V. Shhekoldina. — Krasnodar: KubSAU, 2019. — 251 p. [in Russian]
8. Mart'janov E.I. Ispol'zovanie chislennyh metodov reshenija zadach gidrodinamiki v apparatah s meshalkoj [Use of Numerical Methods for Solving Problems of Hydrodynamics in Apparatuses with Agitators] / E.I. Mart'janov, E.N. Malygin // *Matematicheskie metody v tehnike i tehnologijah* [Mathematical Methods in Engineering and Technology]. — MMTT, 2020. — Vol. 6. — P. 44-48. [in Russian]
9. Mart'janov E.I. Matematičeskoe opisanie polej skorostej v apparate s meshalkoj [Mathematical Description of Velocity Fields in an Apparatus with a Stirrer] / E.I. Mart'janov, E.N. Malygin // *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo instituta (tehničeskogo universiteta)* [Proceedings of St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)]. — 2020. — № 54 (80). — P. 107-111. [in Russian]
10. Hozjaev I.A. Proektirovanie tehnologičeskogo oborudovanija pishhevych proizvodstv [Design of Technological Equipment for Food Processing Plants] / I.A. Hozjaev. — Sankt-Peterburg: Lan', 2022. — 272 p. [in Russian]