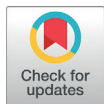



**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ /
TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT**<https://doi.org/10.15507/2658-4123.036.202601.041-058>EDN: <https://elibrary.ru/mmkrgv>

УДК / UDK 637.146

*Оригинальная статья / Original article***Реологические свойства продуктов на молочной основе, обогащенных пектиносодержащим пюре кизила (*Cornus mas L.*)****Ю. Б. Гербер, Т. В. Калиновская** , **Т. Ю. Брановицкая**
*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Российская Федерация, <https://ror.org/05erbjx97>*
 *kalinovskaya_88@mail.ru**Аннотация*

Введение. Ухудшение экологической обстановки во многих регионах России, сопровождающееся загрязнением окружающей среды и пищевых продуктов токсическими веществами и радионуклидами, требует обеспечения безопасности продуктов питания и проведения профилактических мероприятий, обуславливая использование пектина как природного детоксиканта. Большой потенциал в разработке технологий извлечения пектина, а также производства пектинопродуктов, в том числе функционального назначения на молочной основе, заложен в возможности использования плодовых культур с учетом зональных особенностей. Для Крыма такой плодовой культурой является кизил, содержащий комплекс биологически активных компонентов, в частности пектиновых веществ. Исследование по усовершенствованию технологии производства йогурта, обогащенного пюре из кизила, является актуальным, так как включение кизила в его состав может способствовать повышению пищевой и биологической ценности, улучшению вкусовых и структурных характеристик, расширению ассортимента молочных продуктов.

Цель исследования. Определение влияния свойств кизила как наполнителя на реологические параметры продукта на молочной основе (на примере йогурта), а также определение аналитических характеристик пектиновых веществ, содержащихся в исследуемых плодах кизила, выращенного на территории Республики Крым.

Материалы и методы. Объектом исследования является технология производства йогурта, обогащенного пюре из кизила. Использовался кизил вида мужской (*Cornus mas L.*) двух сортов: Крымский и Азовский. Сбор кизила производился в период зрелости в Симферопольском районе Республики Крым. Для реализации эксперимента использовались химические реактивы, центрифуга, сушильный шкаф, термостат. Количественный и качественный анализ пектинов сырья кизила осуществляли стандартизированным кондуктометрическим способом. Вязкость продукта определяли с помощью экспресс-анализатора консистенции ЭАК-2М путем построения тарировочного графика по показателю дистиллированной воды.

Результаты исследования. Содержание водорастворимого пектина колеблется в пределах 0,25–0,32 % к массе сухих веществ, что для сорта Крымский составляет 10,8 г/кг, для сорта Азовский – 10,3 г/кг. В количественном соотношении среди нативных пектинов этерифицированных молекулярных структур больше, порядка 55,72–65,12 %.

© Гербер Ю. Б., Калиновская Т. В., Брановицкая Т. Ю., 2026

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Проведено исследование реологических свойств йогурта, а также исследуемых образцов с добавлением пюре кизила в количестве 20 % по массе, которое показало повышение вязкости продукта с добавлением пюре кизила.


Обсуждение и заключение. Определение количественных характеристик пектиновых веществ кизила дает возможность определить функционально-технологические свойства и указывает на перспективность использования плодов кизила как ценного местного пектиносодержащего сырья. Графические зависимости показывают, что опытный образец йогурта с пюре из кизила имеет большую устойчивость к снижению вязкости при повышении температуры в сравнении с контрольным образцом за счет наличия в составе высокоэтерифицированных пектиновых веществ. Усовершенствованная технология обогащенного йогурта может быть внедрена на молокоперерабатывающих предприятиях в цехах по производству кисломолочных продуктов после незначительной модернизации производства.


Ключевые слова: кизил, пектиносодержащее сырье, высокоэтерифицированный пектин, аналитические характеристики, реологические свойства

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гербер Ю.Б., Калиновская Т.В., Брановицкая Т.Ю. Реологические свойства продуктов на молочной основе, обогащенных пектиносодержащим пюре кизила (*Cornus mas L.*). *Инженерные технологии и системы*. 2026;36(1):41–58. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.036.202601.041-058>

Rheological Properties of Milk-Based Products Enriched With Pectin-Containing Dogwood Puree (*Cornus mas L.*)

Y. B. Gerber, T. V. Kalinovskaya , T. Y. Branovitskaya
V. I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Russian Federation, <https://ror.org/05erbjx97>

 kalinovskaya_88@mail.ru

Abstract

Introduction. The environmental deterioration in many regions of Russia, accompanied by food pollution with toxic substances and radionuclides, requires food safety and of preventative measures that determines the use of pectin as a natural detoxifier. The use of fruit crops taking into account local condition has a significant potential for developing pectin extraction technologies and producing pectin products, including milk-based ones for functional use. In the Crimea, such a fruit crop is dogwood containing a complex of biologically active components, in particular pectin substances. Research into improving the technology of producing yogurt enriched with dogwood puree is relevant, because of the dogwood inclusion into yogurt composition can improve its nutritional and biological value, taste and texture, and expand the range of dairy products.

Aim of the Study. The study is aimed at determining the effect of dogwood properties as a filler on the rheological parameters of a milk-based product (on the example of yogurt), and at determining the analytical characteristics of pectin substances contained in the studied dogwood fruits grown in the Republic of Crimea.

Materials and Methods. The object of the study is producing yogurt enriched with dogwood puree. There was used the dogwood (*Cornus mas L.*) of two varieties: Krymsky and Azovsky. The dogwood fruits were harvested when they reached full maturity in the Simferopol district of the Republic of Crimea. When conducting the experiments, there were used chemical reagents, a centrifuge, a drying oven, and a thermostat. Quantitative and qualitative analysis of the dogwood pectins was performed using a standardized conductometric method. The viscosity of the product was determined using the express consistency analyzer EAK-2M by constructing a calibration graph based on the values of distilled water.

Results. It was found that water-soluble pectin content ranges from 0.25–0.32% of dry weight that is 10.8 g/kg for the Krymsky variety and 10.3 g/kg for the Azovsky variety. In quantitative terms, among native pectins, there are more esterified molecular structures, approximately 55.72–65.12%. There were studied the rheological properties of yogurt and samples containing 20% dogwood puree weight. The results of the experiment demonstrated an increase in the viscosity of the product with the addition of dogwood puree.

Discussion and Conclusion. Quantitative characterization of dogwood pectin substances makes it possible to determine their functional and technological properties and demonstrates promise for using dogwood fruits as valuable local pectin-containing raw material. The graphical dependences show that compared to the control sample, the experimental yogurt sample with dogwood puree shows greater resistance to viscosity loss with increasing temperature due to the presence of highly esterified pectin substances. This improved enriched yogurt technology can be used in milk processing plants producing fermented milk products after minor production upgrades.

Keywords: dogwood, pectin-containing raw materials, highly esterified pectin, analytical characteristics, rheological properties, viscosity

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Gerber Y.B., Kalinovskaya T.V., Branovitskaya T.Y. Rheological Properties of Milk-Based Products Enriched with Pectin-Containing Dogwood Puree (*Cornus mas L.*) *Engineering Technologies and Systems*. 2026;36(1):41–58. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.036.202601.041-058>

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших факторов, определяющих состояние здоровья населения, является питание. Обеспечение адекватным питанием, в том числе функциональным для детерминированных групп потребителей с учетом возраста, пола, рода деятельности, является важнейшей проблемой современной нутрициологии. В качестве решения этой задачи предлагается разработка новых технологий производства продуктов функционального назначения, отвечающих не только физиологическим потребностям организма человека в пищевых веществах, но и выполняющих профилактические и функционально-технологические функции. Обеспечение населения такими продуктами имеет важное социально-экономическое значение.

Важное место в решении данной проблемы принадлежит пектиносодержащим пищевым продуктам. Пектиновые вещества содержатся во всех высших растениях, входят в состав клеточных стен, срединных пластинок, цитоплазмы растительных клеток. Благодаря своим специфическим свойствам они выполняют ряд важных функций (регулирование водного режима тканей, транспорт водного тока и др.), принимают участие в процессах роста клеточных стенок. Пектины обнаружены в некоторых водорослях и морских травах. Содержание пектиновых веществ и их химический состав неодинаковы у разных видов растений, их составляющих, тканей и зависят от метеорологических условий выращивания, географической зоны, сорта, периода развития и возраста растения. Поэтому пектиновые полисахариды рассматривают как один из самых сложных и динамичных по структуре класс биополимеров.

Функциональные группы, обуславливающие аналитические характеристики пектиновых веществ, позволяют оценить физико-химические и функционально-технологические свойства пектинов, служат критерием для рекомендации их применения в качестве пектиносодержащего сырья при производстве пищевых продуктов.

С целью разработки структурированной молочной продукции при использовании крымского пектиносодержащего сырья проведены теоретические и экспериментальные исследования, подтверждающие возможность применения в качестве наполнителя пюре из кизила (*Cornus mas L.*).

Как большинство гидроколлоидов, пектины характеризуются рядом технологически значимых свойств: растворимость в воде, способность к студнеобразованию, взаимодействие с ионами одно- и двухвалентных металлов. Они зависят от качественного состава макромолекулы биополимера: молекулярной массы, присутствия и количества карбокси-групп, вариативных замещений (солевой или сложноэфирный остаток) и их количества. На способность к студнеобразованию оказывают влияние физические параметры процесса (температура, pH) и присутствие определенных веществ, например сахаров [1].

Реакционно способные функциональные группы пектинов дают возможность в целом оценить их технологические свойства и разработать определенные рекомендации по использованию природного растительного сырья (в данном случае плодов кизила) в технологиях производства молочной продукции с комбинированным составом. Данный факт указывает на необходимость исследования физико-химических характеристик нативно содержащихся в кизиле гидроколлоидов, структурно-механических характеристик системы с комбинированным составом, роли и природы взаимодействия составных компонентов в формировании показателей качества продукта.

Реологические методы играют важную роль в изучении совместного действия физико-химических и механических факторов при формировании и регулировании структурно-механических свойств пищевых дисперсных систем непосредственно во время технологического процесса. Структурно-механические характеристики дают общую информацию о качестве продукта в целом, об эффективности его производства, позволяя решить проблемы оптимизации технологических и механических условий процесса, выбора аппаратного оснащения и системы контроля.

Дисперсные системы, такие как кисломолочные продукты, находятся в связанном состоянии, т. е. частицы связаны друг с другом молекулярными силами и образуют структуру – пространственный каркас. Ее определяют:

- химический состав (массовая доля белков и жира в молоке, вид заквасочных культур, вид используемых стабилизаторов и наполнителей);
- гидратационные свойства высокомолекулярных соединений, изменение их физических характеристик и технологических свойств в производственном цикле обработки;
- режимы технологического процесса (температура пастеризации, давление гомогенизации, температура и длительность сквашивания, охлаждения и хранения).

Формирование и стабилизацию физических характеристик кисломолочных продуктов в значительной степени обуславливает вязкость многокомпонентных систем.

Содержание пектина в молочных продуктах позволяет равномерно распределять фруктовый компонент в упаковочной таре, получать однородный состав при перемешивании с кисломолочным продуктом и повышать срок хранения готового товара. В составе йогуртов с фруктовыми наполнителями пектиновые

вещества усиливают их вкусовые качества. Этот факт крайне важен для условий юга страны, в частности Крыма, где широко представлен спектр выращиваемой плодово-ягодной продукции, характерной для субтропиков.

Так, необходимость рекомендовать проведение контроля вязкости кисломолочных продуктов в зависимости от способов производства является актуальной.

Целью исследования является определение физико-химических свойств пектиновых веществ плодов кизила, выращенного на территории Республики Крым, и их влияния на реологические параметры продукта на молочной основе (на примере йогурта).

В задачи исследования входило определение аналитических и физико-химических характеристик пектиновых веществ кизила, что обусловлено необходимостью оценки его качества, а также областью применения в качестве природного стабилизатора для молочных продуктов. Для этого проведена оценка структурно-механических характеристик йогурта с использованием пектинового пюре из кизила, исследованы реологические характеристики, такие как вязкость продукта.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одним из существенных факторов, влияющих на вязкость кисломолочных продуктов, является вид и свойства стабилизатора. Его действие проявляется в связывании свободной воды и повышении вязкости. Традиционными стабилизаторами природного происхождения для производства молочных продуктов является агар, каррагенан, камеди, крахмал, желатин, пектин. Наиболее доступным, биологически ценным и технологически эффективным из них является пектин – важнейший ингредиент продуктов здорового питания.

Потенциально важной пектинодержательной дикорастущей плодовой культурой на территории Республики Крым является кизил обыкновенный. Его плоды представляют собой ценный источник большого количества полезных веществ: витаминов и провитаминов (С, Р, А), микро- и макроэлементов (К, Fe, Mg, S, Na, Ca, P, Zn), группы пектинов, дубильных и красящих веществ, в том числе антоцианов. Большую роль в органолептических показателях данной плодовой культуры играют органические кислоты (яблочная, винная, лимонная, янтарная, глиоксальная, фенолкарбоновые), сахара (фруктоза, глюкоза и др.), эфирные масла [2; 3].

Пектиновые вещества являются одними из важных функциональных ингредиентов плодового сырья для пищевой промышленности. Количественный и качественный состав пектиновых соединений в природном растительном сырье неоднозначен. В зависимости от вида растений, климатических и метеорологических условий произрастания количество, состав и свойства пектиновых веществ изменяются.

Анализ зарубежной и отечественной литературы показывает, что состав и структура многих пектиновых веществ до сих пор недостаточно изучены [4]. На протяжении многих лет используются различные методы исследования и характеристики пектиновых полисахаридов. Значительное количество используемых в настоящее время методов основано на измерении и интерпретации коллигативных свойств и характеристике моносахаридного состава. Эти методы подтверждают потенциальную возможность в понимании как структурных, так

и функциональных особенностей гетерогенности пектиновых макромолекул. Поэтому исследование строения индивидуальных полимеров и анализа степени их гетерогенности в пределах образца представляет важный вклад в понимание биологических макромолекул [5–7].

Состав молекул пектинов, выделяемых из разных растительных объектов, имеет свои отличные свойства по молекулярной массе, степени этерификации, присутствию ацетилированных гидроксильных групп [8–10]. Структура и химический состав пектиновых веществ определяют пространственную форму их молекул и характер взаимодействия с другими соединениями [11–13]. Особенности химического распределения пектиновых молекул, а именно степень этерификации, определяет разнообразие их физико-химических свойств, основными среди которых являются растворимость, структуро- и комплексообразующая способности [14–16]. Ограниченность данных о пектиновых веществах плодов кизила доказывает необходимость проведения исследований их свойств.

Большой вклад в развитие новых и оптимизации имеющихся технологий производства пектина и пектинопродуктов внес Л. В. Донченко [9], а также отечественные ученые научно-исследовательского института «Биотехнологии и сертификации пищевой продукции» [16–17]. Основным научно-инновационным проектом данного НИИ является разработанная технология жидкого пектина и новых видов функциональных продуктов питания на его основе с высокой пищевой ценностью.

Исследования пектиновых веществ разных видов растительного сырья (характерного для данного региона), проводят ученые ведущих научно-исследовательских институтов и вузов страны: Красноярского аграрного государственного университета [18; 19], Сибирского федерального университета [20], Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур совместно с Орловским государственным университетом имени И. С. Тургенева [21], Майкопского государственного технологического университета [22], Воронежского государственного университета инженерных технологий [23]. Активным изучением пектиновых веществ занимаются ученые Кубанского государственного аграрного университета [24–26]. Проведены исследования по изучению фракционного состава пектиновых веществ различного растительного сырья, произрастающего в Краснодарском крае и Северном Кавказе. Ученые описали научные принципы получения пектина, оптимизировали технологические условия выделения пектиновых веществ из различных видов растительного сырья, в частности из дикорастущего плодово-ягодного [27–29].

В настоящее время пектин как природный комплексообразователь вызывает повышенный интерес не только потому, что он недостаточно изучен мировой практикой, но и потому, что его применение крайне необходимо в условиях ухудшения экологической ситуации. Создание симбиотических молочных продуктов, имеющих профилактическое действие и включающих пробиотические культуры микроорганизмов и пребиотический фактор, является существенной проблемой современности, поэтому разработка технологии получения пектинопродуктов с высокими комплексообразующими свойствами является актуальной задачей для пищевой промышленности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект и материалы исследования

В качестве объекта исследования представлена технология производства йогурта, обогащенного пюре из кизила. Предметом исследования является: молоко-сырье, которое используется при производстве йогурта, закваски Угличской «Экспериментальной биофабрики»; термофильные молочнокислые (*Streptococcus Thermophilus*) и пробиотические (*Lactococcus Lactis* Subsp.) культуры; кизил обыкновенный (ягоды и пюре); ферментированные молочные сгустки в течение сквашивания; готовый продукт (контрольный образец сквашивался без добавления кизила); образцы с разной дозировкой сахара и кизила.

Для исследований использовался кизил вида мужской (*Cornus mas* L.) сорта Крымский и Азовский, собранный в Симферопольском районе Республики Крым в период зрелости.

Химические реактивы

В ходе эксперимента были использованы: раствор уксусной кислоты концентрацией 1 моль/дм³, раствор соляной кислоты концентрацией 0,05 моль/дм³, этиловый спирт 96 %, раствор щелочи NaOH с концентрациями 0,01 и 0,05 моль/дм³, раствор соли MgSO₄, раствор соли CaCl₂, индикатор Хинтона, вода дистиллированная.

Оборудование

Для проведения эксперимента использовались центрифуга, сушильный шкаф, термостат, экспресс-анализатора консистенции ЭАК-2М.

Методы и процедура исследования

С целью выявления промышленной значимости плодов кизила в качестве источника пектиновых соединений и определения функционально-технологических свойств исследовали содержание пектиновых веществ и их аналитические характеристики. Плоды кизила были подвергнуты химическому анализу на предмет определения количества общих сухих веществ, водорастворимых пектиновых веществ, количественного и качественного состава пектинов мякоти плодов кизила.

Метод определения водорастворимых пектиновых веществ основан на переводе протопектина в растворенное состояние, омылении растворимых пектинов, осаждении полигалактурановой кислоты кальцием и гравиметрическом определении осадка.

Навеску продукта (25 г пюре из кизила) растерли с промытым песком до однородной массы, перенесли в коническую колбу вместимостью 250 см³ со 100 см³ дистиллированной воды, нагретой до 45 °С. К 25 мл полученного фильтрата добавили 100 мл 0,01 моль/дм³ раствора NaOH, оставили на 20–30 минут для омыления растворимого пектина. В итоге весь пектин перешел в натриевую соль полигалактурановой кислоты. После этого к раствору добавили 50 мл уксусной кислоты. Через 5 минут к полигалактурановой кислоте добавили 50 см³ раствора хлорида кальция, в результате чего образовался осадок пектата кальция. Осадок отстаивали в течении 1 часа, отфильтровали и промыли на предварительно взвешенном фильтре горячей водой до исчезновения ионов хлора в промывных водах (проба на хлорид серебра). Осадок высушили на фильтре при 100 °С и взвесили. Расчитали количество водорастворимого пектина в исследуемой мякоти кизила.

Качественный анализ пектинов мякоти плодов кизила включал определение числа свободных карбокси-групп макромолекулы, вариативности и степени их замещения, наличия других функциональных группировок¹.

Количественный и качественный анализ пектинов сырья кизила осуществляли стандартизированным методом кондуктометрического титрования. Он основан на титровании щелочью предварительно выделенного гидратопектина из средней пробы измельченных гидролизованных плодов. В результате кондуктометрического титрования определили содержание карбоксильных групп – свободных и этерифицированных [6–8]. Методика определения: в колбы объемом 250 см³ поместили навески подготовленных проб измельченных плодов кизила по 50 г, добавили 100 см³ дистиллированной воды 60 °С. Колбы встряхивали 30 минут, экстракт отделили на центрифуге.

Для определения суммы пектиновых веществ (протопектина и гидратопектина) провели кислотный гидролиз. Для выделения гидратопектина из протопектина навеску залили раствором соляной кислоты концентрацией 0,05 моль/дм³ объемом 100 см³, нагрели при температуре 90 °С в течении 30 минут. Полученный гидролизат перенесли в мерную пробирку на 200 см³, выдержали 90 минут, центрифугировали. Затем к экстракту добавили двойное количество спиртово-кислотной смеси, перемешали и выдержали 90 минут.

Полученный осадок отфильтровали, промыли этанолом с соляной кислотой, затем только спиртом. Осадок высушили в сушильном шкафу до постоянной массы. Количество гидратопектина и протопектина вычислили по разности общего содержания пектина.

Осадок растворили в воде с температурой 60 °С, охладили, добавили индикатор Хинтона, титровали раствором щелочи NaOH концентрацией 0,05 моль/дм³. Эквивалентную точку определили при изменении цвета с желтого в малиновый. По количеству реагента, потраченного на титрование, определили количество свободных карбокси-групп. Их содержание K_c , % рассчитали по формуле:

$$K_c = \frac{a}{G_1} \cdot 0,45,$$

где a – количество реагента (щелочи), пошедшей на титрование, см³; G_1 – навеска пектиновых веществ, г. К полученному раствору добавили 20 см³ раствора щелочи NaOH концентрацией 0,01 моль/дм³, выдержали 30 мин, добавили соляную кислоту HCl концентрацией 0,01 моль/дм³, титровали раствором щелочи NaOH 0,05 моль/дм³. Результат второго титрования пропорционален количеству этерифицированных карбоксильных групп.

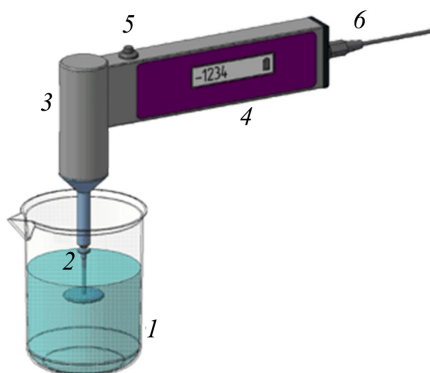
После определения свободных карбоксильных групп к раствору добавили 10 см³ щелочи NaOH концентрацией 0,05 моль/дм³. Колбу, закрытую пробкой, выдержали два часа в обычных условиях для проведения процесса гидролиза. Определение количества метаксилированных карбоксильных групп заключалось в добавлении к полученному раствору 10 см³ соляной кислоты HCl концентрацией

¹ ГОСТ 29059-91. Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022903> / (дата обращения: 03.04.2025).

0,05 моль/дм³ и титрованием щелочью NaOH концентрацией 0,01 моль/дм³. Рассчитали количество метаксилерованных карбоксильных групп.

Для определения количества ацетильных групп навеску гидратопектина весом 1 г поместили в колбу объемом 50 см³, добавили 25 см³ раствора NaOH, выдержали восемь часов. По прошествии отведенного времени довели до метки дистиллированной водой. Согласно стандартной методике, в полученный раствор добавили 20 см³ раствора соли MgSO₄. Дистилляционную колбу нагрели до получения дистиллята. Для установления количества ацетильных групп в гидратопектине 1 см³ дистиллята титровали 0,1 н раствором щелочи NaOH в присутствии индикатора фенолфталеина.

Вязкость продукта определили с помощью экспресс-анализатора консистенции ЭАК-2М (рис. 1), который относится к типу ротационных вискозиметров. Принцип действия данного анализатора основан на измерении величины механического момента сопротивления вращению насадки, погруженной в анализируемое вещество. Сопротивление пропорционально вязкости анализируемого вещества. Показания на индикаторе анализатора соответствуют этому сопротивлению, следовательно и вязкости (консистенции) анализируемого вещества.



Р и с. 1. Устройство экспресс-анализатора консистенции ЭАК-2М:

- 1 – стакан с анализируемым веществом; 2 – сменная дисковая насадка;
3 – головка с электродвигателем; 4 – корпус с блоком управления и индикатором;
5 – кнопка управления; 6 – штекер блока питания

F i g. 1. Express Consistency Analyzer EAK-2M:

- 1 – container with the analyzed substance; 2 – replaceable disk attachment; 3 – head with electric motor;
4 – housing with control unit and indicator; 5 – control button; 6 – power supply connector

Источник: рисунок 1 взят с сайта лабораторного оборудования [Электронный ресурс]. URL: http://petrolabspb.ru/viskozimetry/article_post/ekspress-analizator-konsistentsii-eak-2m-viskozimetr-rotatsionnyy (дата обращения: 15.04.2025).

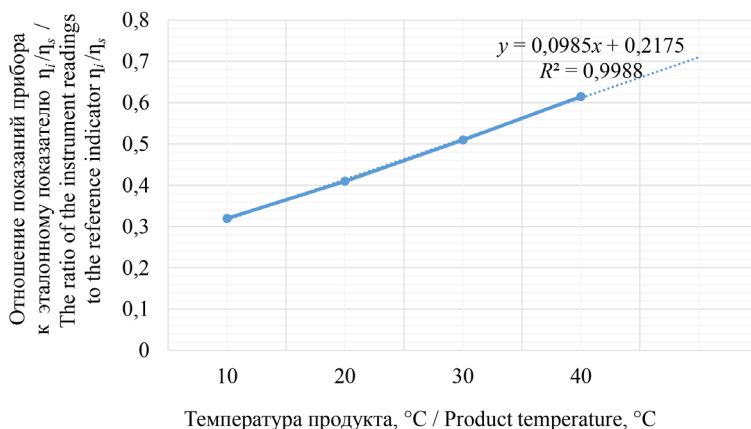
Source: Figure 1 has been taken from the laboratory equipment website [Electronic resource]. URL: http://petrolabspb.ru/viskozimetry/article_post/ekspress-analizator-konsistentsii-eak-2m-viskozimetr-rotatsionnyy (date of access: 15.04.2025).

Затем графическим методом путем построения тарировочного графика определили значение вязкости в МПа·с в температурном диапазоне от +5 до +50 °С.

Приведенный диапазон обусловлен тем, что он охватывает все температурные значения производства, транспортировки и хранения исследуемой продукции. В качестве контроля взят йогурт питьевой с показателями: массовая доля жира – 2,5 %, белков – 3 %. На основании проведенных ранее исследований обоснован состав комбинированной закваски: с соотношением термофильных молочнокислых (*Streptococcus Thermophilus*) и пробиотических (*Lactococcus Lactis Subsp.*) культур – 1:2 [30].

В качестве вкусового наполнителя использовали пюре из кизила с сахаром в количестве 20 % к массе йогурта. Массовая доля компонента определена ранее опытным путем [30]. Вязкость образцов йогурта исследовались при различных температурах.

На рисунке 2 приведена зависимость соотношения η_i/η_s (от температуры исследуемой среды, где η_i – показание прибора при замере вязкости; η_s – эталонные показания вязкости для этой же среды в тех же условиях. Установлены корреляционные зависимости в виде полиномов второй степени между эталонными показаниями вязкости и температурой продукта.



Р и с. 2. Калибровочный график

F i g. 2. Calibration chart

Примечание: y – уравнении линии тренда; R^2 – величина достоверности аппроксимации.

Note: y – trend line equation; R^2 – value of approximation reliability.

Источник: графики для рисунков 2, 3 составлены авторами статьи в программе *Microsoft Excel*.

Source: The graphs for figures 2, 3 was compiled by the authors of the article in *Microsoft Excel*.

После проведенных замеров с помощью калибровочного графика определили значение вязкости в МПа·с. По полученным значениям построили сравнительные зависимости вязкости для двух вариантов продукта с содержанием различных сортов кизила в сравнении с контролем.

С целью выявления технологических свойств пектинсодержащего сырья кизила определили содержание водорастворимой фракции: содержание водорастворимого пектина.

Одной из ключевых характеристик природных и промышленно выпускаемых пектинов считается степень его этерификации: количество сложноэфирных связей функциональной карбокси-группы галактуроновой кислоты [18].

Количество сложноэфирных связей является главным показателем пектина и выражается отношением количества метоксилированных групп к их общему количеству в пектиновых веществах. Степень этерификации определяет свойства пектина – его растворимость, студнеобразующую способность и механизм студнеобразования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Плоды кизила являются лидерами среди культивируемых растений по содержанию сухих веществ. Результаты проведенных исследований показывают, что содержание сухих веществ в сорте Азовский составляет 24,6 %, в сорте Крымский – 29,9 %.

Результаты определения аналитических характеристик пектиновых веществ кизила исследуемых сортов приведены в таблице.

Т а б л и ц а

T a b l e

Качественный состав пектинов исследуемых сортов
Qualitative composition of pectin substances of the studied dogwood varieties

Наименование плодового сырья / Name of fruit raw materials	Качественный состав пектиновых веществ / Qualitative composition of pectin substances			
	Степень этерификации, % / Degree of esterification, %	Количество свободных карбокси-групп, % / Number of free carboxy groups, %	Количество ацетил-групп, % / Number of acetyl groups, %	Количество метокси-групп, % / Number of methoxy groups, %
Кизил сорта Крымский / Dogwood variety Crimean	66,72	2,00	0,30	6,47
Кизил сорта Азовский / Dogwood variety Azovsky	65,12	2,00	0,31	6,84

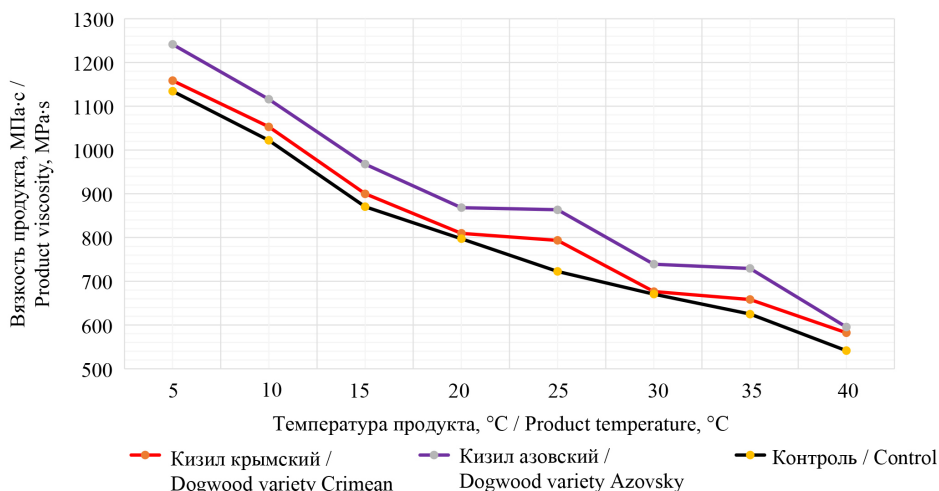
Содержание водорастворимого пектина в кизиле колеблется в пределах 0,25–0,32 % к массе сухих веществ, что составляет для сорта Крымский 10,8 г/кг, для сорта Азовский – 10,3 г/кг. На основании данных таблицы можно сделать вывод, что степень этерификации пектина кизила высокая, т. е. пектин относится к высокоэтерифицированным, и процесс желирования будет происходить в условиях большого количества сахара и низкого значения pH.

Растворимость, способность вступать в реакцию с ионами металлов и образовывать студни зависит от соотношения в молекуле пектина свободных и этерифицированных карбокси-групп. Ацетильные группы, связанные с гидроксильными, значительно ухудшают студнеобразующие свойства пектинов. Как видно из данных таблицы, в пектине кизила небольшое содержание ацетильных групп (меньше

единицы). В результате исследований установлено, что пектин, содержащий большое количество метоксильных групп и низкое количество ацетильных обладает хорошей способностью к студнеобразованию [9].

Для выяснения механизма формирования и стабилизации структуры продуктов на молочной основе с пектиносодержащим сырьем кизила исследовали роль растворимого пектина и других компонентов, которые могут влиять на реологические характеристики многокомпонентных смесей.

На рисунке 3 представлены кривые вязкости для образцов.



Р и с. 3. Динамика изменения вязкости исследуемого продукта от температуры
 F i g. 3. Dynamics of viscosity changes of the studied product depending on temperature

При добавлении наполнителя кизила йогурт приобретает вязкую однородную консистенцию, которую можно оценить показателем динамической вязкости η , МПа·с.

Исследование реологических свойств йогурта, а также исследуемых образцов с добавлением пюре кизила в количестве 20 % по массе показало повышение вязкости продукта; наблюдается некоторая стабилизация структуры при изменении температуры в интервалах +20...+25 °С, +30...+35 °С; причем более выраженный эффект наблюдается для сорта кизила Азовский.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно результатам исследований для плодов кизила крымских сортов степень этерификации составляет: для сорта Азовский – 65,12 %, для сорта Крымский – 66,72 %. На основании этих данных можно сделать вывод, что степень этерификации пектина кизила высокая, т. е. пектин относится к высокоэтерифицированным. Такие пектины содержат больше 50 % этерифицированных остатков галактуроновой кислоты.

Гидратопектин кизила содержит небольшое количество ацетильных групп (0,3 %), т. е. обладает хорошими студнеобразующими свойствами.

Существенное значение оказывает количество метоксильных групп, от которых зависит растворимость и студнеобразующая способность. Содержание метоксильных групп (6,5–6,8 %) в гидратопектине плодов кизила указывает на целесообразность применения этого сырья для получения пектиносодержащих продуктов, так как его степень растворимости больше, а студнеобразующая способность лучше [10].

Графические зависимости показывают, что опытный образец с кизилом имеет большую устойчивость к снижению вязкости при повышении температуры в сравнении с контрольным образцом. С повышением температуры продукта, изменение вязкости в меньшей степени происходит в опытном образце; наблюдается стабилизация структуры; в частности, этот эффект наблюдается в интервалах $+20\dots+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+30\dots+35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Установлено, что характер реологических кривых позволяет отнести йогурт с добавлением пюре из кизила по типу структуры к структурированным жидкостям. Преобладающую роль в формировании прочностных характеристик кисломолочного продукта с пектиносодержащим пюре кизила играют измельченные частицы растительного сырья, которые состоят из целлюлоз, гемицеллюлоз и других пищевых волокон, за счет образования многочисленных низкоэнергетических связей между собой и белками молока, что обуславливает увеличение вязкости и необходимый технологический эффект.

Важным фактором, обеспечивающим стабильность кисломолочных продуктов, является показатель активной кислотности. В результате молочнокислого брожения молока при производстве йогурта заквасочными микроорганизмами термофильных молочнокислых (*Streptococcus Thermophilus*) и пробиотических (*Lactococcus Lactis* Subsp.) культур нейтрально заряженное молоко с pH 6,6 снижается до pH 4,7. При добавлении в йогурт наполнителя из кизила, содержащего в составе свободные органические кислоты, фенолкарбоновые кислоты, аскорбиновую кислоту (содержание аскорбиновой кислоты в пюре кизила составляет 106 мг/100 г), среда йогурта изменяется до pH 4,0.

Пониженное значение pH (около 4) приближается к изоэлектрической точке казеина молока, одновременно способствуя гелеобразованию высокоэтерифицированных пектинов, и приводит к повышению физической стабильности продукта. Таким образом, значение pH кисломолочных продуктов и их кислотность оказывают значительное влияние на диссоциацию пектина и, как следствие, на его способность вступать во взаимодействие с ионами кальция молока.

Таким образом, для образования структурного каркаса, необходимого при формировании и стабилизации структуры йогурта с комбинированным составом, целесообразно использовать пектиносодержащее пюре кизила в качестве вкусового наполнителя, обладающего биологически ценными компонентами, в том числе пищевыми волокнами.

Определение качественных характеристик пектиновых веществ кизила указывает на целесообразность применения данного сырья для стабилизации структуры кисломолочных продуктов. Перспективой исследования является изучение внесения пюре из кизила в качестве пектиносодержащего сырья в технологии структурированных пищевых продуктов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жидехина Т.В., Попов А.С. Реализация потенциала продуктивности интродуцированных сортов кизила в условиях Тамбовской области. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2015;(31):81–89. URL: <http://www.journalkubansad.ru/archive/31/> (дата обращения: 15.04.2025).
2. Хасанова Д.А. Кизил как лекарственное растение. *Биология и интегративная медицина*. 2016;(4):45–54. URL: <http://integmed.uz/> (дата обращения: 15.04.2025).
3. Тры А.В., Михеева Л.А. Влияние различных факторов на выход пектиновых веществ, выделенных из растительного сырья. *Региональные геосистемы*. 2014;(23):123–128. <https://www.elibrary.ru/thqxsxv>
4. Mukhsddinov Z.K., Khalikov D.Kh., Abdusamiev F.T., Avloev Ch.Ch. Isolation and Structural Characterization of a Pectin Homo and Rhamnogalacturonan. *Talanta*. 2000;53(1):171–176. [http://doi.org/10.1016/S0039-9140\(00\)00456-2](http://doi.org/10.1016/S0039-9140(00)00456-2)
5. Колотий Т.Б., Хатко З.Н. Аналитические характеристики пектина из некоторых видов дикорастущих плодов и ягод предгорной зоны Адыгеи. *Новые технологии*. 2012;(3):30–32. <https://elibrary.ru/pnqbsl>
6. Грабишин А.С. О некоторых особенностях технологий производства пектина. *Новые технологии*. 2010;(2):30–34. <https://www.elibrary.ru/mubfav>
7. Цугленок Н.В., Типсина Н.Н., Катасанова О.Ю. Эффективные технологии производства пектина и его использование в пищевой промышленности. *Вестник КрасГАУ*. 2006;(10):331–334. <https://www.elibrary.ru/kxneof>
8. Кварацхелия В.Н., Родионова Л.Я. Изменение аналитических характеристик пектиновых веществ яблок зимнего срока созревания при длительном влиянии низких температур. *Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета*. 2014;(100):1193–1203. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/> (дата обращения: 20.04.2025).
9. Донченко Л.В., Едыгова С.Н., Колотий Т.Б., Арутюнова Г.Ю. Фракционный состав пектиновых веществ айвы и дикорастущего сырья. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2008;(2-3):118–119. <https://elibrary.ru/jvypol>
10. Арутюнова Г.Ю., Родионова Л.Я., Стальная М.И. Студнеобразующие и комплексообразующие свойства пектинов алычи. *Новые технологии*. 2009;(1):11–13. <https://elibrary.ru/kfautf>
11. Хайтметова С.Б., Тураев А.С., Мухитдинов Б.И., Халилова Г.А. Выделение и физико-химические характеристики пектина из нетрадиционного природного сырья. *Химия растительного сырья*. 2021;(4):75–82. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021048412>
12. Тры А.В. Химическая характеристика пектина, выделенного из растительного сырья. *Приволжский научный вестник*. 2015;(2):8–10. <https://elibrary.ru/tjzhsv>
13. Мухамеджанова М.Ю., Филатова А.В., Джурабаев Д.Т., Тураев А.С. Процессы гелеобразования и реологические свойства умеренно-концентрированных водных растворов цитрусового пектина в присутствии ионов поливалентных металлов. *Химия растительного сырья*. 2012;(1):51–60. <https://elibrary.ru/pbwicv>
14. Хайтметова С.Б., Тураев А.С., Мухитдинов Б.И., Халилова Г.А. Выделение и физико-химические характеристики пектина из нетрадиционного природного сырья. *Химия растительного сырья*. 2021;(4):75–82. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021048412>
15. Фарзалиев Э.Б. Оглы, Голубев В.Н., Цыганова Т.Б. Исследование и идентификация пектиновых веществ дикорастущих плодов облепихи (*Hippophae Rhamnoides L.*). *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021;(3):115–125. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>
16. Кварацхелия В.Н., Родионова Л.Я. Сравнительный анализ влияния низких температур на изменение аналитических характеристик пектиновых веществ извлеченных из альbedo цитрусовых плодов. *Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета*. 2014;(104):1832–1842. URL: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?u=2014> (дата обращения: 22.04.2025).
17. Кварацхелия В.Н., Родионова Л.Я. Действие отрицательных температур на качество пектиновых веществ плодов и ягод. *Политематический сетевой электронный научный журнал*

- журнал кубанского государственного аграрного университета. 2014;(104):1822–1831. URL: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?y=2014> (дата обращения: 22.04.2025).
18. Типсина Н.Н., Комарова О.Ю., Струпан Е.А. Технологические особенности пектинового сырьев. *Вестник КрасГАУ*. 2008;(1):253–259. <https://elibrary.ru/iirhmr>
 19. Силян В.Е. Исследование кинетики и обоснование технологических параметров процессов извлечения пектиновых веществ из выжимок красной смородины. *Вестник КрасГАУ*. 2015;(1):120–125. URL: <https://kgau.editorum.ru/ru/nauka/article/78702/view> (дата обращения: 26.04.2025).
 20. Ефремов А.А., Кондратюк Т.А. Выделение пектина из нетрадиционного растительного сырья и применение его в кондитерском производстве. *Химия растительного сырья*. 2008;(4):171–176. <https://elibrary.ru/kgbhzz>
 21. Мясищева Н.В., Артемова Е.Н., Макаркина М.А. Желирующая способность пектинов свежих и замороженных ягод красной смородины. *Техника и технология пищевых производств*. 2017;45(2):62–68. <https://elibrary.ru/zcoqgb>
 22. Едыгова С.Н., Хатко З.Н. Влияние параметров извлечения пектиновых веществ из выжимок айвы на показатели качества пектина. *Вестник Майкопского государственного технологического университета*. 2011;(4):50–53. <https://elibrary.ru/oopbhd>
 23. Зелепукин Ю.И., Зелепукин С.Ю., Федорук В.А., Бушмин И.С. К вопросу производства пектина из свежесобранного жомы. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2016;(2):238–242. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-238-242>
 24. Соболев И.В. Влияние вида и концентрации гидролизующего агента на кинетику извлечения пектиновых веществ из корзинок подсолнечника. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2006;(22):91–96. URL: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?y=2006> (дата обращения: 28.04.2025).
 25. Ольховатов Е.А., Степовой А.В., Щербакова Е.В., Родионова Л.Я., Пивень М.М. Разработка способа получения пектинового экстракта из створки бобов сои. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;(123):1579–1592. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-107>
 26. Ольховатов Е.А., Родионова Л.Я., Щербакова Е.В. Разработка методики определения количества пектиновых веществ в сырье и продуктах его переработки. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017;(128):665–678. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-128-049>
 27. Третьякова Н.Р., Тетенева А.Г., Зайко Г.М., Барашкина Е.В. Оптимизация технологических условий выделения пектина из растительного сырья. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2011;(2-3):45–47. URL: <http://ivpt.ru/tocs/320-321/17/> (дата обращения: 28.04.2025).
 28. Тамова М.Ю., Барашкина Е.В., Журавлев Р.А., Третьякова Н.Р., Цыганкова С.С. Инновационные способы получения пектина из различных видов растительного сырья. *Новые технологии*. 2018;(4):79–84. URL: <https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/article/view/178> (дата обращения: 30.04.2025).
 29. Сокол Н.В., Храмова Н.С., Гайдукова О.П. Исследование пектиновых веществ плодов дикорастущих культур. *Новые технологии*. 2008;(6):27–30. <https://elibrary.ru/jwccdl>
 30. Гербер Ю.Б., Калиновская Т.В., Гаврилов А.В., Киян Н.С. Исследование влияния режима гомогенизации на энергетические затраты и сроки хранения йогурта с добавлением порока кизила. *Инженерные технологии и системы*. 2024;34(4):615–628. <http://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202404.615-628>

REFERENCES

1. Zhidyokhina T.V., Popov A.S. Realization of Productivity Potential of Introduced Varieties of Cornelian Cherry Under Conditions of Tambov Region. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2015;31(1):81–89. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://www.journalkubansad.ru/archive/31/> (accessed 15.04.2025).
2. Hasanova D.A. Cornelian Cherry as Medicinal Plant. *Biology and Integrative Medicine*. 2016;(4):45–54. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://integmed.uz/> (accessed 15.04.2025).

3. Try A.V., Miheeva L.A. [The Effect of Various Factors on the Yield of Pectin Substances Extracted From Plant Raw Materials]. *Regional geosystems*. 2014;(23):123–128. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/thqxsv>
4. Mukhsiddin Z.K., Khalikov D.Kh., Abdusamiev F.T., Avloev Ch.Ch. Isolation and Structural Characterization of a Pectin Homo and Rhamnogalacturonan. *Talanta*. 2000;53(1):171–176. [http://doi.org/10.1016/s0039-9140\(00\)00456-2](http://doi.org/10.1016/s0039-9140(00)00456-2)
5. Kolotii T.B., Khatko Z.N. Analytical Characteristics of Pectin From Some Wild Fruits and Berries of the Foothill Zone of Adyghea. *New Technologies*. 2012;(3):30–32. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/pnqbsl>
6. Grabishin A.S. Some Features Of Pectin Production Technology. *New Technologies*. 2010;(2):30–34. (In Russ., abstract in Eng.) <https://www.elibrary.ru/mubfav>
7. Cuglenok N.V., Tipsina N.N., Katasanova O.Y. [Efficient Technologies for the Production of Pectin and its Use in the Food Industry]. *Bulletin of KSAU*. 2006;(10):331–334. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/kxneof>
8. Kvarackheliya V.N., Rodionova L.Ya. Changing the Analytical Characteristics of Pectin Substances Apples Winter Ripening Under Long Influence of Low Temperatures. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;(100):1193–1203. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/> (accessed 20.04.2025).
9. Donchenko L.V., Edygoва S.N., Kolotii T.B., Arutiunova G.Yu. [Fractional Composition of Pectin Substances of Quince and Wild-Growing Raw Materials]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2008;(2–3):118–119. (In Russ.) <https://elibrary.ru/jvypol>
10. Arutiunova G.Yu., Rodionova L.Ya., Stal'naya M.I. Jelly – and Complex Forming Properties of Cherry Plum Pectic Substances. *New Technologies*. 2009;(1):11–13. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/kfautf>
11. Khaytmetova S.B., Turaev A.S., Muhitdinov B.I., Khalilova G.A. Isolation and Physicochemical Characterization of Pectin From Nonconventional Natu-Ral Raw Materials. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 2021;(4):75–82. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021048412>
12. Try A.V. Chemical Characteristics of Pectin Substances Extracted From Plant Materials. *Privolzhskij Nauchnyj Vestnik*. 2015;(2):8–10. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/tjzhsv>
13. Muhamedzhanova M.Yu., Filatova A.V., Dzhurabaev D.T., Turaev A.S. [Gelling Processes and Rheological Properties of Moderately Concentrated Aqueous Solutions of Citrus Pectin in the Presence of Polyvalent Metal Ions]. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 2012;(1):51–60. (In Russ.) <https://elibrary.ru/pbwicw>
14. Khaytmetova S.B., Turaev A.S., Muhitdinov B.I., Khalilova G.A. Isolation and Physicochemical Characterization of Pectin From Nonconventional Natu-Ral Raw Materials. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 2021;(4):75–82. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021048412>
15. Farzaliyev E.B.O., Golubev V.N., Tsyganova T.B. Research and Identification of Pectin Substances of Wild Fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides L.*). *Storage and Processing of Farm Products*. 2021;(3):115–125. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>
16. Kvarackheliya V.N., Rodionova L.Ya. Comparison Analysis of the Influence of Low Temperature on the Change of the Analytical Characteristics of Pectin Extracted From the Albedo of Citrus Fruits. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;(104):1832–1842. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/> (accessed 22.04.2025).
17. Kvarackheliya V.N., Rodionova L.Ya. The Influence of Low Temperatures on the Quality of Pectinaceous Substances Fruits and Berries. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;(104):1822–1831. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/> (accessed 22.04.2025).
18. Tipsina N.N., Komarova O.Yu., Strupan E.A. [Technological Features of Pectin-Containing Raw Materials]. *Bulletin of KSAU*. 2008;(1):253–259. (In Russ.) <https://elibrary.ru/iirhmr>
19. Silin V.E. The Kinetics Study and the Technological Parameter Substantiation of the Process of the Pectic Substance Extraction from the Red Currant Residues. *Bulletin of KSAU*. 2015;(1):120–125. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <https://kgau.editorum.ru/ru/nauka/article/78702/view> (accessed 26.04.2025).

20. Efremov A.A., Kondratyuk T.A. Allocation of Pectines From Nonconventional Vegetative Raw Materials and its Application in Confectionery Production. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2008;(4):171–176. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/kgbhzz>
21. Myasishcheva N.V., Artemova E.N., Makarkina M.A. Jelly-Forming Ability of Pectins of Fresh and Frozen Red Currant Berries *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;45(2):62–68. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/zcoqgb>
22. Edygova S.N., Khatko Z.N. Effect of the Parameters of Extraction of Pectin Substances From Quince Marc on the Pectin Quality Indices. *Vestnik Majkopskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta*. 2011;(4):50–53. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/oopbhd>
23. Zelepukin Yu.I., Zelepukin S.Yu., Fedoruk V.A., Bushmin I.S. To the Question of Production of Pectin from Beet Pulp. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2016;(2):238–242. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-238-242>
24. Sobol' I.V. [Influence of Type and Concentration of Hydrolyzing Agent on the Kinetics of Extraction of Pectin Substances from Sunflower Baskets]. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2006;(22):91–96. (In Russ.) Available at: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?y=2006> (accessed 28.04.2025).
25. Olkhovатов E.A., Stepovoy A.V., Shcherbakova E.V., Rodionova L.Ya., Piven M.M. A Method for Producing Pectin Extract From Soybeans. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2016;(123):1579–1592. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-107>
26. Olkhovатов E.A., Rodionova L.Ya., Shcherbakova E.V. Development of the Determination Methodology for Quantities of Pectin Substances in Raw Material and Products of its Processing. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;(128):665–678. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21515/1990-4665-128-049>
27. Tretyakova N.R., Teteneva A.G., Zaiko G.M., Barashkina E.V. Optimization of Technological Conditions of Pectin From Plant Material. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2011;(2-3):45–47. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://ivpt.ru/tocs/320-321/17/> (accessed 28.04.2025).
28. Tamova M.Yu., Barashkina E.V., Zhuravlev R.A., Tretyakova N.R., Tsygankova S.S. Innovative Methods for Producing Pectin from Different Types of Plant Raw Materials. *New Technologies*. 2018;(4):79–84. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/article/view/178> (accessed 30.04.2025).
29. Sokol N.V., Hramova N.S., Gajdukova O.P. [Investigation of Pectin Substances in Fruits of Wild Crops]. *New Technologies*. 2008;(6):27–30. (In Russ.) <https://elibrary.ru/jwccdl>
30. Gerber Y.B., Kalinovskaya T.V., Gavrillov A.V., Kiyan N.S. Investigation of the Effect of the Homogenization Regime on Energy Costs and Shelf Life of Yogurt with Dogberry Puree. *Engineering Technologies and Systems*. 2024;34(4):615–628. (In Russ., abstract in Eng.) <http://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202404.615-628>

Об авторах:

Гербер Юрий Борисович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института «Агротехнологическая академия», заведующий кафедрой технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства Института «Агротехнологическая академия» Крымского федерального университета имени В. И Вернадского (295007, Российская Федерация, г. Симферополь, пр. Вернадского, д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3224-6833>, Researcher ID: B-6690-2019, gerber_1961@mail.ru

Калиновская Татьяна Витальевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства Института «Агротехнологическая академия» Крымского федерального университета имени В. И Вернадского (295007, Российская Федерация, г. Симферополь, пр. Вернадского, д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4421-7522>, kalinovskaya_88@mail.ru

Брановицкая Татьяна Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры органической химии Института биохимических технологий, экологии и фармации Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского (295007, Российская Федерация, г. Симферополь, пр. Вернадского, д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5972-9291>, tat.br@mail.ru

Вклад авторов:

Ю. Б. Гербер – формулирование идеи исследования, целей и задач.

Т. В. Калиновская – создание и подготовка рукописи: критический анализ черновика рукописи, внесение замечаний и исправлений членами исследовательской группы, в том числе на этапах до и после публикации, осуществление научно-исследовательского процесса, включая выполнение экспериментов.

Т. Ю. Брановицкая – осуществление научно-исследовательского процесса, включая выполнение экспериментов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

*Поступила в редакцию 05.05.2025; поступила после рецензирования 17.06.2025;
принята к публикации 16.07.2025*

About the authors:

Yuriy B. Gerber, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Deputy Director of the Institute “Agrotechnological Academy”, Head of the Department of Technology and Equipment for the Production and Processing of Livestock Products of the Institute “Agrotechnological Academy”, V. I. Vernadsky Crimean Federal University (4 Vernadsky Ave., Simferopol 295007, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3224-6833>, Researcher ID: B-6690-2019, gerber_1961@mail.ru

Tatiana V. Kalinovskaya, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of Department of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock-Raising Institute “Agrotechnological Academy”, V. I. Vernadsky Crimean Federal University (4 Vernadsky Ave., Simferopol 295007, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4421-7522>, kalinovskaya_88@mail.ru

Tatiana Y. Branovitskaya, Cand.Sci. (Agric.), Associate Professor of the Department of Organic Chemistry, Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy, FSAEI HE “V. I. Vernadsky Crimean Federal University” (4 Vernadsky Ave., Simferopol 295007, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5972-9291>, tat.br@mail.ru

Authors contribution:

Y. B. Gerber – formulating the study ideas, goals and aims.

T. V. Kalinovskaya – preparing the manuscript, critical analysis of the draft manuscript, of comments and corrections made by the members of the research group, including at pre- or post-publication stages, conducting the study, specifically performing the experiments.

T. Y. Branovitskaya – conducting the study, specifically performing the experiments.

All authors have read and approved the final manuscript.

Submitted 05.05.2025; revised 17.06.2025; accepted 16.07.2025