

Факторы, влияющие на структурообразование пектинов в молочных системах, и механизмы их взаимодействия с белками при кислотной коагуляции*

Дарья Николаевна Глазунова, инженер

Константин Витальевич Агарков, аспирант

Владимир Владимирович Кондратенко, д-р техн. наук, доцент, старший научный сотрудник

Евгения Юрьевна Агаркова, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

E-mail: e.agarkova@vniimi.org

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва

Нестабильность белково-жировой матрицы кисломолочных продуктов, проявляющаяся в виде синерезиса, расслоения и ухудшения текстуры, требует применения эффективных природных стабилизаторов. Однако механизмы взаимодействия пектинов с мицеллами казеина в условиях кислотной коагуляции изучены недостаточно, что ограничивает разработку целенаправленных технологических подходов. Целью работы являлся анализ факторов, определяющих структурообразование пектинов в молочных системах, и описание механизмов их взаимодействия с казеином в процессе кислотной коагуляции. Объектами исследования выступили цитрусовые и яблочные пектины, мицеллы казеина, сывороточные белки, а также заквасочные микроорганизмы родов *Lactococcus*, *Streptococcus* и *Lactobacillus*. Методологической основой послужил анализ научных публикаций, индексируемых в базах научного цитирования РИЦН, Scopus и Web of Science. Установлено, что характер структурообразования пектинов определяется pH, ионной силой среды, плотностью заряда макромолекул и соотношением компонентов продукта. Кислотная коагуляция казеина проходит четыре стадии, ключевым пусковым механизмом которых выступает скорость накопления молочной кислоты заквасочной микрофлорой. Низкоэтерифицированные пектины при pH ниже 5,0 адсорбируются на поверхности казеиновых мицелл заряженными фрагментами полигалактуронатной цепи, а незаряженные участки формируют стерически стабилизирующие петли, предотвращающие избыточную агрегацию белков и синерезис. Добавление 0,1 % пектина в йогурт повышает твердость продукта до уровня жирного аналога и снижает отделение сыворотки на 25 % без влияния на ход ферментации и итоговую кислотность. Видовой состав закваски определяет кинетику pH, синтез экзополисахаридов, протеолитическую активность и плотность белковой матрицы. Эффективность пектинов обусловлена степенью этерификации, pH и ионной силой; стабилизация достигается за счет электростатической адсорбции и стерического эффекта, при этом пектин выступает как пребиотик и пластификатор. Перспективы исследований заключаются в поиске оптимальных сочетаний «тип пектина – состав закваски» для получения продуктов с заданными реологическими характеристиками.

Ключевые слова: пектин, казеин, кислотная коагуляция, структурообразование, синерезис, заквасочная микрофлора, молочный сгусток

Для цитирования: Факторы, влияющие на структурообразование пектинов в молочных системах, и механизмы их взаимодействия с белками при кислотной коагуляции / Д. Н. Глазунова, К. В. Агарков, В. В. Кондратенко, Е. Ю. Агаркова // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 3. С. 71–76. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-3-65>

Введение

В современных условиях развития молочной промышленности особенно актуален поиск эффективных природных стабилизаторов, способных регулировать структурно-механические параметры готовых продуктов. На практике для стабилизации белково-жировой основы, уменьшения отделения сыворотки (синерезиса) и улучшения вкусоароматических и текстурных характеристик широко используются цитрусовые и яблочные пектины [1, 2]. Такая востребованность данных полисахаридов объясняется их способностью вступать в межмолекулярные контакты с мицеллами казеина и сывороточными белками [2–4].

Успешное применение пектинов напрямую зависит от понимания физико-химической сути происходящих процессов. Необходимо учитывать, что характер структурообразования пектинов определяется значением pH, ионной силой среды, количественным составом и соотношением компонентов продукта, а также плотностью заряда на макромолекулах [1, 3]. Даже минимальные сдвиги в равновесии между силами электростатического притяжения и отталкивания (последние могут быть вызваны стерическим эффектом или истощением) способны серьезно нарушить устойчивость всей системы [1]. Результатом становится расслоение продукта, выделение жидкости (синерезис) или

*Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания FNS-2025-0003.

образование осадка. Таким образом, для предотвращения синерезиса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы в совокупности [5].

Пектины представляют собой сложные полисахариды растительного происхождения с разной степенью этерификации карбоксильных групп полигалактуроновой кислоты, определяющей их функциональные свойства в молочных системах. Например, низкоэтерифицированные пектины проявляют выраженную способность к гелеобразованию в присутствии ионов кальция в диапазоне pH от 3,0 и выше (до 6,0). Высокоэтерифицированные пектины образуют гели при более низких значениях pH – от 2,8 до 3,5. В процессе формирования кисломолочного сгустка происходит изменение значений pH, следовательно, понимание различий в структуре пектиновых молекул напрямую связано с конечными свойствами получаемого продукта [1, 2, 6, 7].

Межмолекулярные взаимодействия между пектинами и белками молока носят достаточно сложный характер. Кроме электростатических сил, упомянутых выше, существенную роль при формировании геля играют водородные связи, гидрофобные взаимодействия и эффект стерической стабилизации. Каждый из этих механизмов вносит вклад в формирование структуры геля и его устойчивости к механическим воздействиям. Нарушение баланса между указанными факторами может привести к нестабильности системы молоко-пектин [1, 3].

На характер взаимодействия пектина с белками могут также повлиять технологические параметры производства и хранения кисломолочного продукта, например, режимы гомогенизации и пастеризации, температурные условия хранения. Также необходимо тщательно подбирать дозу внесения пектина в зависимости от конкретной технологической задачи [2, 5].

При достаточно широком пуле исследований в области применения пектина в молочных системах стоит отметить, что все эти данные носят разрозненный характер и посвящены исследованию влияния отдельных факторов на процесс структурообразования. Отсутствует комплексная система, описывающая влияние активной кислотности, ионной силы, степени этерификации пектина и состава заквасочной микрофлоры на реологические свойства кисломолочного сгустка. Восполнение этого пробела позволит перейти от эмпирического подбора стабилизаторов к научно обоснованному проектированию продуктов с заданными характеристиками [2, 5, 8–10].

Целью работы являлся анализ факторов, определяющих структурообразование пектинов в молочных системах, и описание механизмов их взаимодействия с казеином в процессе кислотной коагуляции.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступили научные публикации (статьи в рецензируемых журналах, монографии), посвященные вопросам применения пектинов в молочных системах, механизмам их взаимодействия с белками молока, а также роли заквасочной микрофлоры в процессах кислотной коагуляции и структурообразования кисломолочных продуктов.

Поиск источников проводили в базах РИНЦ, Scopus и Web of Science по ключевым словам и словосочетаниям: «пектин», «казеин», «кислотная коагуляция», «синерезис», «структурообразование», «заквасочная микрофлора», «молочный сгусток», «низкоэтерифицированные пектины», «экзополисахариды», их англоязычным аналогам. Глубина поиска – 2000–2026 гг. Отбирали работы, содержащие оригинальные экспериментальные данные о структурообразовании пектинов в молочных системах с воспро-



Источник изображения: mag.nlc.com

изводимыми количественными или качественными результатами. Исключали публикации, не относящиеся к кислотной коагуляции молочных белков, а также тезисы без полного текста.

Первичный поиск дал 87 публикаций; после удаления дубликатов и отбора по критериям релевантности в окончательный анализ включено 15 источников (11 на английском языке, 4 на русском). Обобщение проведено методом нарративного синтеза. Материальные объекты, описанные в рассмотренных работах (цитрусовые и яблочные пектины, мицеллы казеина, заквасочные микроорганизмы родов *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*), анализировались опосредованно – через результаты оригинальных исследований.

Результаты и их обсуждение

В процессе кисломолочного брожения, происходящего при сквашивании молочной основы, происходит формирование сгустка и / или кисломолочного геля, что обусловлено коагуляцией казеиновых мицелл с последующим образованием разветвленной пространственной сети. В соответствии с существующими представлениями, динамика процесса включает четыре последовательные стадии ценобиотически индуцированного гелеобразования [3]. На первом этапе заквасочные микроорганизмы продуцируют молочную кислоту, накопление которой в системе приводит к снижению активной кислотности (pH) молока до значений, соответствующих изоэлектрической точки казеина (~4,6). В результате коллоидная система молочных белков приходит в неустойчивое предкоагуляционное состояние. На втором этапе происходит активная агрегация казеиновых молекул, которые в условиях минимума электрического заряда начинают формировать пространственную межмолекулярную структуру, включающую жировые шарики, водную фазу и денатурированные сывороточные белки [5, 11]. На заключительном этапе (третьем и четвертом) происходит уплотнение сгустка и проявление синергизма. То есть происходит самопроизвольное сокращение межмолекулярных промежутков, изменение конфигурации полипептидных цепей, что вследствие коагуляционных и конденсационных взаимодействий ведет к возрастанию прочности сгустка / геля, сопровождаемому отделением сыворотки [5]. При этом определяющим фактором всего процесса является скорость кислотонакопления, обеспечиваемого метаболизмом заквасочной микрофлоры [5].



Источник изображения: magnific.com

Скорость кислотонакопления, глубина протеолитической деградации молочных белков, а также сопутствующий биосинтез внеклеточных полисахаридов в значительной мере зависят от таксономического состава заквасочных микроорганизмов. Наряду с биохимической трансформацией молочного сырья, данный фактор существенно определяет кинетику и пространственную структуру формирующегося сгустка / геля [1, 13–15]. Таким образом, видовой состав закваски выступает важным фактором, детерминирующим как динамику ферментации, так и конечную структуру сгустка / геля [2, 3, 16, 17].

Для осуществления молочнокислого брожения могут быть использованы как моно-, так и поливидовые закваски. При этом использование только моновидовых заквасок далеко не всегда позволяет в полной мере реализовать потенциал молочной системы для образования сгустка, тогда как применение консорциумов открывает широкие перспективы вследствие наличия потенциала установления синергического эффекта межвидового взаимодействия [10, 13, 15, 18].

В составе консорциумов, как правило, используют как палочковидные лактобациллы, так и кокковые формы микрофлоры. Среди палочковидных микроорганизмов рода *Lactobacillus* особенно выделяется подвид *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, обладающий высокой протеолитической активностью



Источник изображения: pixifl.com

в отношении казеина [8]. В свою очередь, виды *Lb. acidophilus*, *Lb. casei* и *Lb. plantarum* имеют доказанный пробиотический потенциал: в процессе сквашивания они секретируют бактериоцины и органические кислоты, конкурируют за рецепторы адгезии в кишечнике и тем самым влияют на состав кишечной микробиоты человека [9, 18].

Параллельно с этим в составе консорциума могут функционировать представители родов *Lactococcus* и *Streptococcus*. Подвиды *Lac. lactis* subsp. *lactis* и *Lac. lactis* subsp. *cremoris* являются основными продуцентами молочной кислоты, обеспечивая ее интенсивное накопление [19, 20], тогда как биовар *Lac. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* еще дополнительно синтезирует факторы маслянисто-сливочных нот в аромате – диацетил и ацетонин [9, 21]. Термофильный стрептококк *S. thermophilus* в симбиозе с болгарской палочкой ускоряет снижение pH до порога коагуляции казеина [8, 12]. При этом межвидовое взаимодействие (например, стимуляция роста палочек метаболитами кокков) обеспечивает согласованность и сбалансированность всего ценобиотического процесса [20]. Именно благодаря подобным синергетическим проявлениям сочетание гомо- и гетероферментативных лактобацилл с термофильными стрептококками обеспечивает комплекс положительных эффектов: ускоряется подкисление среды в процессе сквашивания, активизируется протеолиз, наряду с чем экскретируются и накапли-

ваются в системе экзополисахариды и ароматические метаболиты (диацетил, ацетальдегид и прочие) [19, 22, 23]. В итоге формирующаяся пространственная молекулярная сеть приобретает повышенную плотность, гомогенность и способность удерживать влагу, а вкусо-ароматический букет становится многогранным и хорошо сбалансированным [21, 22].

Вместе с тем следует учитывать, что итоговые характеристики сгустка / геля, в т. ч. такие, как реологические и органолептические свойства, формируются под влиянием не только заквасочной микрофлоры, но также исходного качества молочного сырья и вводимых в систему дополнительных компонентов [8, 21]. В качестве таковых могут выступать полигликаны – олиго- и полисахариды [9, 11]. Введение полигликанов способно дополнительно стимулировать развитие этой микрофлоры вследствие пребиотического эффекта, поддерживая метаболизм молочнокислых бактерий [22].

Одним из наиболее функционально-насыщенных полигликанов является пектин. Использование данного полисахарида практически не оказывает влияние на кислотообразующую активность закваски, его роль состоит в другом [2, 12]. При относительно малых концентрациях (0,1–0,8 %) пектин может взаимодействовать с казеинами молекулярной сети сгустка / геля, упрочняя при этом последнюю и повышая вязкость конечного продукта [2, 13]. Низкометоксилированные пектины способны частично или полностью предотвращать синерезис [1, 13, 14], что обусловлено взаимодействием заряженных функциональных групп рамногалактуроновых участков пектиновых молекул с заряженными мицеллами казеина при pH ниже 5,0 [1, 5]. При этом нейтральные участки пектиновых молекул формируют стерические петли, препятствующие избыточной агрегации белков [1, 5]. В результате образуется эластичная пространственная структура, способная к влагоудержанию, ограничению агломерации белковых кластеров близлежащих участков сети и повышению влагосвязывающей способности продукта [1, 13]. Благодаря полигликановой природе пектины также выступают в роли пластификаторов белковой структуры: они уменьшают внутренние напряжения в геле и усиливают его устойчивость к механическим воздействиям, не снижая при этом эластичности, а напротив, ее увеличивая [4, 5]. Экспериментально установлено, что введение пектина в состав йогурта заметно улучшает потребительские свойства готового изделия [2, 13, 15]

за счет надежной стабилизации консистенции и предотвращает выделение сыворотки [2, 12, 13]. Благодаря этому пектин существенно увеличивает стабильность йогурта в процессе хранения [9, 18, 24].

Таким образом, в кисломолочных системах пектин выполняет двойную функцию: как пребиотик он поддерживает метаболическую активность микрофлоры, а как структурообразователь модифицирует гель, улучшая потребительские свойства готового продукта и способность к хранению [13, 18, 25].

Выводы

Проведенный анализ научной литературы позволяет сделать вывод, что эффективность использования пектинов в молочных системах обусловлена совокупностью взаимосвязанных физико-химических и технологических факторов. Ключевыми среди них являются степень этерификации полисахарида, значение pH среды (приближение к изоэлектрической точке белка) и ионная сила раствора. Именно эти параметры определяют характер взаимодействия между пектином и белками молока, а также степень устойчивости формирующейся гелевой структуры.

Как подробно рассмотрено выше, стабилизация белковой матрицы пектинами при кислотной коагуляции основана на сочетании электростатических и стерических механизмов, что предотвращает избыточную агрегацию казеиновых мицелл и развитие синерезиса.

Технологический результат также зависит от синергизма между вносимым пектином и метаболической активностью заквасочной микрофлоры, в котором полисахарид выполняет двойную роль: во-первых, выступает как пребиотический субстрат, поддерживающий жизнедеятельность и метаболическую активность молочнокислых бактерий; во-вторых, действует как пластификатор белковой матрицы, снижая локальные напряжения в геле и повышая его устойчивость к механическим деформациям без потери эластичности.

Практическая значимость полученных данных заключается в возможности обоснованного выбора типа пектина (с оптимальной степенью этерификации) и технологических параметров его внесения в зависимости от желаемых свойств конечного продукта и используемой заквасочной композиции. Понимание описанных механизмов открывает возможности для целенаправленного проектирования кисломолочных продуктов с заданными реологическими характеристиками. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на поиск оптимальных сочетаний «тип пектина – состав закваски» для получения продуктов с улучшенной текстурой, минимальным синерезисом и высокой стабильностью в процессе хранения. Перспективными направлениями также являются изучение новых видов растительных пектинов из нетрадиционных биоресурсов, а также разработка математических моделей для прогнозирования поведения белково-полисахаридных систем в зависимости от технологических параметров. ■

Поступила в редакцию: 01.06.2026

Принята в печать: 04.08.2026

Factors Affecting the Structure of Pectins in Dairy Systems: Protein Interaction Mechanisms during Acid Coagulation

Daria N. Glazunova, Konstantin V. Agarkov, Vladimir V. Kondratenko, Evgeniya Yu. Agarkova
All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

The protein-fat matrix of fermented milk products is instable, manifesting as syneresis, stratification, and deterioration of texture. It requires effective natural stabilizers. However, the mechanisms of interaction between pectins and casein micelles under acid coagulation remain understudied, which limits the development of targeted technological approaches. This article describes the factors that determine the structure formation of pectins in dairy systems, as well as the mechanisms of their interaction with casein during acid coagulation. The research featured citrus and apple pectins, casein micelles, whey proteins, and starter microorganisms of the genera *Lactococcus*, *Streptococcus*, and *Lactobacillus*. It involved scientific publications indexed in Russian Science Citation Index, Scopus, and WoS. The nature of pectin structure formation depends on the pH, the ionic strength of the medium, the charge density of macromolecules, and the ratio of product components. The acid coagulation of casein proceeds through four stages, with the key trigger being the rate of lactic acid accumulation by the starter microflora. Low-esterified pectins at pH below 5.0 are adsorbed on the surface of casein micelles by charged fragments of the polygalacturonate chain. Uncharged regions form sterically stabilizing loops that prevent excessive protein aggregation and syneresis (whey separation). Adding 0.1 % pectin to yogurt increases the firmness to the level of its full-fat equivalent and reduces syneresis by 25 %, without affecting the fermentation process or final acidity. The species composition of the starter determines the pH kinetics, the exopolysaccharide synthesis, the proteolytic activity, and the protein matrix density. The effectiveness of pectins depends on the degree of esterification, pH, and ionic strength. The stabilization is achieved through electrostatic adsorption and steric effect while pectin acts as a prebiotic and plasticizer. Research prospects include finding optimal combinations of pectin type and starter composition to produce foods with desired rheological characteristics.

Keywords: pectin, casein, acid coagulation, structure formation, syneresis, starter microflora, milk curd

Список литературы

1. **Tromp, R. H.** On the mechanism of stabilisation of acidified milk drinks by pectin / R. H. Tromp [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2004. Vol. 18(4). P. 565–572. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.09.005>
2. **Stephen, A. M.** *Food Polysaccharides and Their Applications* / A. M. Stephen, G. O. Phillips, P. A. Williams. – Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006. – 752 p. <https://doi.org/10.1201/9781420015164>
3. **Doublier, J. L.** Protein-polysaccharide interactions / J. L. Doublier [et al.] // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2000. Vol. 5(3–4). P. 202–214. [https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(00\)00054-6](https://doi.org/10.1016/S1359-0294(00)00054-6)
4. **Khubber, S.** Low-methoxyl pectin stabilizes low-fat set yoghurt and improves their physicochemical properties, rheology, microstructure and sensory liking / S. Khubber [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 111. Art. no. 106240. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106240>
5. **Зобкова, З. С.** Факторы повышения эффективности коагуляции белков молока / З. С. Зобкова [и др.] // *Молочная промышленность*. 2016. № 3. С. 39–41. <https://elibrary.ru/vmbqqx>
6. **Matia-Merino, L.** Acid-induced gelation of milk protein concentrates with added pectin: Effect of casein micelle dissociation / L. Matia-Merino, H. Singh // *Food Hydrocolloids*. 2007. Vol. 21(5–6). P. 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.12.007>
7. **Gao, F.** The effect of degree of esterification of pectin on the grainy properties of post-heated fermented milk / F. Gao [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2025. Vol. 168. Art. no. 111484. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111484>
8. **Hill, C.** The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic / C. Hill [et al.] // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2014. Vol. 11(8). P. 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
9. **Mende, S.** Influence of exopolysaccharides on the structure, texture, stability and sensory properties of yoghurt and related products / S. Mende, H. Rohm, D. Jaros // *International Dairy Journal*. 2016. Vol. 52. P. 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.08.002>
10. **Агаркова, Е. Ю.** Исследование полидисперсных молочных систем с полигликанами / Е. Ю. Агаркова [и др.] // *Пищевая промышленность*. 2026. № 3. С. 122–127. <https://doi.org/10.52653/PPI.2026.3.3.024>; <https://elibrary.ru/jlzojq>
11. **Zhang, H.** Preparation of liquid yogurt in the presence of pectin and its formation mechanism / H. Zhang [et al.] // *Food Chemistry*. 2024. Vol. 452. Art. no. 139473. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139473>
12. **McClements, D. J.** *Food emulsions: Principles, practices, and techniques* / D. J. McClements. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – 714 p.
13. **Pham, L. T. H.** Enhancing the texture and stability of low-fat yogurt using inulin and durian rind-derived low-methoxyl pectin / L. T. H. Pham, U. P. N. Tran // *Chemical Engineering Transactions*. 2025. Vol. 122. P. 221–226. <https://doi.org/10.3303/CET25122037>
14. **Агарков, К. В.** Полигликаны как перспективный компонент кисломолочных продуктов / К. В. Агарков [и др.] // *Пищевая промышленность*. 2026. № 4. С. 64–69. <https://doi.org/10.52653/PPI.2026.4.4.011>; <https://elibrary.ru/swpitj>
15. **Zidi, D.** Physicochemical and rheological changes of acidified camel milk added with commercial low methoxyl-pectin / D. Zidi [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 128. P. 347–353. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.244>
16. **Yang, Y.** Passion fruit peel-derived low-methoxyl pectin: De-esterification methods and application as a fat substitute in set yogurt / Y. Yang [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. 2025. Vol. 347. Art. no. 122664. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122664>
17. **Wusigale, L.** Casein and pectin: Structures, interactions, and applications / Wusigale, L. Liang, Y. Luo // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 97. P. 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.027>
18. **Кондратенко, В. В.** Применение пектинов из различных биоресурсов для модификации структурно-механических свойств кисломолочных продуктов / В. В. Кондратенко, О. Б. Федотова, Е. Ю. Агаркова // *Молочная промышленность*. 2024. № 5. С. 15–21. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-5-4>; <https://elibrary.ru/ynygsg>
19. **Семенова, В. А.** Сравнительная оценка свойств производственно ценных штаммов *Lactococcus* / В. А. Семенова [и др.] // *Пищевая промышленность*. 2025. № 8. С. 82–87. <https://doi.org/10.52653/PPI.2025.8.8.022>; <https://elibrary.ru/yypieak>
20. **Sieuwerths, S.** Unraveling microbial interactions in food fermentations: from classical to genomics approaches / S. Sieuwerths [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology*. 2008. Vol. 74(16). P. 4997–5007. <https://doi.org/10.1128/AEM.00113-08>
21. **Welman, A. D.** Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Perspectives and challenges / A. D. Welman, I. S. Maddox // *Trends in Biotechnology*. 2003. Vol. 21. P. 269–274. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00107-0](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00107-0)
22. **Salminen, S.** *Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects* / S. Salminen, A. von Wright. – Boca Raton: CRC Press, 2004. – 629 p. <https://doi.org/10.1201/9780824752033>
23. **Каледина, М. В.** Антипатогенные свойства заквасочной микрофлоры в присутствии пектиновых олигосахаридов / М. В. Каледина [и др.] // *Молочная промышленность*. 2023. № 5. С. 66–69. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-5>; <https://elibrary.ru/httmkt>
24. **Mobasserfar, R.** Grape pomace high-methoxyl pectin: A new prebiotic stabilizer for low-fat synbiotic yogurt gels – Optimization and characterization / R. Mobasserfar [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. Vol. 282(5). Art. no. 137139. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.137139>
25. **Yousefi, M.** Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties / M. Yousefi, S. M. Jafari // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 88. P. 468–483. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.015>

**МОЛОЧНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

**Подписка
на журнал**

podpiska.kemsu@mail.ru

