

# Сорбиновая кислота в сыроделии

**Елена Анатольевна Орлова**, канд. техн. наук, научный сотрудник отдела сыроделия

E-mail: e.orlova@fnpcs.ru

**Валентина Александровна Мордвинова**, канд. техн. наук, руководитель направления исследований по технологии сыроделия

E-mail: v.mordvinova@fnpcs.ru

**Наталья Николаевна Оносовская**, старший научный сотрудник, руководитель направления исследований

по стандартизации и метрологии

E-mail: n.onosovskaya@fnpcs.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Углич

В связи с существующим в настоящее время интересом к производству продуктов питания с пролонгированными сроками годности, их изготовители применяют не только различные технологические приемы, в том числе асептические методы упаковок и упаковочные материалы, но и такие пищевые добавки как консерванты. Использование дополнительных ингредиентов в технологиях продуктов питания требует глубокого и многостороннего изучения их различных свойств и, прежде всего, безопасности их влияния на здоровье потребителей. Поэтому, в связи с появлением новых научных данных о возможном негативном влиянии тех или иных добавок на организм человека, существует необходимость периодического пересмотра допустимости их применения. Одними из разрешенных и наиболее часто применяемых консервантов для сохранения качества практически всех продуктов питания являются сорбиновая кислота и ее соль (Е202). Эти добавки присутствуют в различных соусах, консервах, шоколаде, джемах, колбасах, фруктовых соках, рыбе, хлебобулочных, кондитерских изделиях, маргаринах, маслах растительного и животного происхождения, вине, газированных напитках и других продуктах. В сыродельной отрасли молочной промышленности России сорбиновая кислота и сорбат калия применяются, в основном, при поверхностной обработке головок длительно созревающих сыров в качестве противогрибкового препарата для облегчения труда по уходу за сырами и сокращения потерь продукта. Консерванты допускаются вносить в состав защитных покрытий, вводить в матрицу упаковочных материалов, создавая, таким образом, «активную» упаковку, также допускается их применение при изготовлении свежих сыров с пищевкусовыми компонентами или в виде различной фасовки. Применение консервантов в продуктах питания требует жесткого соблюдения их дозировки, а также качественного и количественного контроля с целью достоверного информирования потребителя о наличии тех или иных добавок в продуктах и предотвращения неблагоприятного воздействия превышенных доз применяемых веществ на организм человека при длительном их потреблении.

**Ключевые слова:** пищевые добавки, сорбиновая кислота, сорбаты, консерванты, противогрибковый препарат, фунгицидный препарат, поверхностная обработка сыров

**Для цитирования:** Орлова, Е. А. Сорбиновая кислота в сыроделии / Е. А. Орлова, В. А. Мордвинова, Н. Н. Оносовская // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 3. С 45–51. <https://www.doi.org/10.21603/2073-4018-2024-3-2>

Допустимость использования и безопасные дозы внесения всех пищевых добавок на территории России регламентируются ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Необходимость увеличения сроков годности пищевых продуктов стимулирует производителей применять не только современные технологические приемы, асептические линии производства и фасовки, но и использовать такие пищевые добавки как консерванты, которые, в свою очередь, можно условно разделить на две группы: непосредственно консерванты и вещества, обладающие консервирующим эффектом [1]. Такая сегментация обусловлена разным воздействием на продукт для достижения консервирующего эффекта. Действие консервантов направлено непосредственно на клетки микроорганизмов, например, на замедление в них ферментативных процессов, синтеза белка, разрушение клеточных мембран и др. Вторая группа оказывает отрицательное влияние на микробы,

в основном, за счет снижения активной кислотности, активности воды или концентрации кислорода в среде. Приведенные отличия говорят о том, что каждый консервант имеет определенный спектр действия. Например, сорбиновая кислота проявляет антимикробное действие только при активной кислотности среды ниже 6,5 ед. рН [2]. Е200, как и Е202, благодаря отсутствию влияния на органолептические показатели продуктов, активно применяются для сохранения качества и увеличения сроков годности огромного ассортимента продуктов питания в мировой пищевой индустрии, в том числе и в сыродельной отрасли молочной промышленности [1, 3].

В нашей стране при производстве сыров сорбиновую кислоту и сорбат калия применяют как по отдельности, так и в комбинации (в пересчете на сорбиновую кислоту), в основном, для поверхностной обработки головок сыров. Так, например, согласно положениям Сборника типовых технологических инструкций по производству полутвердых сыров (Углич, 2015) п. 14.2.1.1, для предупреждения развития нежела-



Источник изображения: freepik.com

нения сорбиновой кислоты является совместная разработка ученых МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ) и ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий»<sup>2</sup>. Авторы предлагают, кроме разных способов смешения спиртового раствора E200 с водой, для обеспечения стабильности действия и улучшения фиксации суспензии на поверхности сыра вносить структурообразователь (например, карбоксиметилцеллюлозу, альгинат натрия, каррагинан и др.) в количестве 0,8–1,2 %.

Сорбат калия (E202) имеет более высокую растворимость в воде (138,0 г/100 мл при 20 °С) по сравнению с кислотой, поэтому он более удобен и чаще применяется в консервировании продуктов с высоким содержанием массовой доли влаги [1]. Этот консервант, как и саму кислоту, также можно использовать при изготовлении различных упаковочных материалов, получая таким образом «активную» упаковку, оказывающую непосредственное влияние на сохранение качества и увеличение сроков годности пищевых продуктов. Наиболее значимую роль подобная упаковка будет играть при производстве скоропортящихся продуктов.

Ранее, в 60–90-е годы прошлого века на территории нашей страны была широко известна практика обработки упаковочных материалов методом их замачивания в растворах сорбиновой кислоты и ее солей [5]. Эта операция позволяла предотвратить плесневение полутвердых сыров в течение 90 сут. В настоящее время такой способ обработки упаковок в сыроделии не применяется в связи с появлением новых высокотехнологичных упаковочных решений, способных обеспечить сохранение качества продукта на протяжении длительного времени и поддержание санитарного состояния производства на высоком уровне за счет современных моющих и дезинфицирующих средств.

В качестве фунгицидного (противоплесневого) препарата сорбиновую кислоту и ее калиевую соль вводят в различные защитные составы. Так, в 70-е годы XX века учеными ВНИИМС было разработано покрытие, включающее в себя: белковую массу – 40,0 %, любую эмульгирующую

тельной поверхностной микрофлоры рекомендуется обработка сыров на пятые сутки после посолки и обсушки солевой суспензией с содержанием сорбиновой кислоты 8 %. Данную обработку можно проводить как методом погружения головок, так и с помощью мягких щеток, губок или салфеток<sup>1</sup>.

Сорбиновая кислота имеет довольно низкую растворимость в воде (0,16 г/100 мл при 20 °С) [1], поэтому препараты для обработки сыров на ее основе необходимо регулярно перемешивать для предотвращения оседания нерастворившихся частиц. В спирте растворимость E200 гораздо выше (13,0 г/100 мл при 20 °С) [4], поэтому сначала делают насыщенный раствор сорбиновой кислоты в этаноле, а затем раствор разбавляют до необходимой концентрации водой. Примером подобного приме-

<sup>1</sup>Роздов, И. А. Защита сыров при созревании и хранении с использованием новых прогрессивных упаковочных материалов / И. А. Роздов, Е. А. Большакова, Н. Н. Елисеева // Прогрессивные экологически безопасные технологии хранения и комплексной переработки сельхозпродукции для создания продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности: тезисы докладов научно-практической конференции – М: Россельхозакадемия, 1999. С. 340–343.

<sup>2</sup>Патент RU 2 765 493 С2. Способ приготовления антимикробного состава для сыров: заявл. 2019-12-26; опубл. 2022-01-31 / В. Н. Иванова, А. А. Майоров, Н. В. Жукова [и др.]. – 7 с.

соль – 4,5 %, поваренную соль – 2,0 %, сорбиновую кислоту – 3,5 % и воду – 50,0 % [6, 7]. В качестве белковой массы было разрешено использовать различные обрезки сыров, а также обезжиренный сыр. Полученное покрытие имело как достоинства, заключавшиеся в сохранении качества продукта, отсутствии роста поверхностной микрофлоры, возможности изготовления его в условиях сыродельного предприятия, так и недостатки в виде короткого срока хранения покрытия в готовом виде (не более 48 ч) и довольно продолжительного времени его формирования на продукте в течение 24–48 ч.

В тот же временной период подобное покрытие было предложено бывшим Литовским филиалом ВНИИМС<sup>3</sup>. Покрытие изготавливалось из обезжиренного сыра, который после прессования и механического измельчения перемешивали с водным раствором двузамещенного фосфорнокислого натрия или калия и плавил при 70–90 °С в течение 30 мин, затем за 10 мин до окончания плавления добавляли поваренную соль в количестве 1,5–3,0 %. Полученную массу охлаждали до 20–30 °С и внесли тонкоизмельченную сорбиновую кислоту. Разработанное покрытие имело схожие характеристики, что и предложенное Миргородским Б. Г. [7].

В настоящее время нами не найдено сведений о производстве и применении подобных покрытий в технологии российских сыров.

На рынке покрытий для сыров присутствуют латексные покрытия различных марок и производителей, которые представляют собой коллоидные системы в виде водных дисперсий пищевых марок полимеров (латексов), модифицированных различными добавками, в том числе и противоплесневыми препаратами [8]. В нашей стране в 80-х годах XX века были разработаны и применялись такие составы как «Эласт», «Яротекс», серия покрытий «ВИМ», позже «Новаллен», «ПОЛИСВЕД», «ВИМАЛЕН», «Лиимс», «Экокроут» [8, 10, 11]. Кроме сорбиновой кислоты и ее солей в качестве фунгицидов в этих составах также использовались дегидрацетовая кислота (E265), ее соли, например дегидрацетат натрия (E266), натамицин (E235) и другие препараты.

В производстве сыров в настоящее время присутствуют так называемые «съедобные» покрытия. Основой этих составов могут служить, например: хитозан – полисахарид, получаемый из ракообразных и грибов; альгинат натрия, добываемый из морских водорослей; сывороточные белки; жирные кислоты и др. вещества, обладающие пленкообразующей способностью<sup>4</sup> [12, 13]. Данные покрытия в полной мере относятся к категории биоразлагаемых и отличаются между собой способами получения и применения. Подобные покрытия могут быть доступны как в жидком виде и наноситься непосредственно на поверхность продуктов, где после сушки образуется тонкий защитный слой, так и в виде уже сформированных отдельно от продукта пленках, применяемых в дальнейшем в качестве индивидуальной упаковки (контейнеры, коробочки, лотки и др.) или оберточного материала [14, 15]. Подобные покрытия тоже могут модифицироваться фунгицидными препаратами для предотвращения роста плесени на поверхности продукта, например, «Экокроут Съедобная защита»<sup>4</sup> и составы, разработанные коллективом авторов КемГУ [16] и МГУ прикладной биотехнологии [17].



Источник изображения: vecteezy.com

<sup>3</sup>Раманаускас, Р. И. Способ получения покрытия для предохранения поверхности твердых сыров от плесневения во время созревания / Р. И. Раманаускас. – Авторское свидетельство СССР N 340397, кл. А 23С 19/16, 1970. – 2 с.

<sup>4</sup>Официальный сайт ООО «Креол» [Электронный ресурс]. URL: <https://kreolyar.ru> (дата обращения 25.03.2024).

Все покрытия, содержащие противогрибковые препараты, можно причислить к разряду «активных упаковок». К ним относятся бумажные, полимерные или комбинированные материалы, содержащие в своем составе подобные вещества и применяемые для сохранения качества и увеличения срока годности пищевых продуктов. Бумажные материалы с пропиткой сорбиновой кислотой или сорбатами хорошо известны еще с прошлого века [5]. Рядом исследователей было установлено, что подобной обработке поддаются все сорта бумаги, а при увеличении сроков годности порционных сыров с помощью таких упаковок, материалы, обработанные сорбатами, обладали большим фунгицидным эффектом по сравнению с аналогичными материалами с пропиткой сорбиновой кислотой. Также была определена концентрация консервантов, необходимая для надления бумаги фунгицидными свойствами, которая составила 2–3 г препарата на 1 м<sup>2</sup> материала. Одновременно с практическим применением бумажных упаковок с противогрибковым эффектом шли исследования по миграции используемых консервантов в продукт. Результаты научных изысканий позволили установить, что сыр с содержанием сорбиновой кислоты в пределах 0,05–0,1 % достаточно защищен от плесневения. В настоящее время максимальный уровень содержания этих консервантов в продукции, в соответствии с ТР ТС 029/2012 (Приложение 8), не должен превышать 1 г/кг в сырах свежих с пищевкусными компонентами, фасованных и 2 г/кг в плавленых сырах.

В сыродельной отрасли также применяются различные полимерные материалы, в частности, могут использоваться пакеты с антиокислительным и противомикробным действием. Такая упаковка также относится к сфере «активной» [4, 18]. В качестве противомикробных компонентов в матрицу полимерных материалов могут вводиться различные вещества, например, ионы серебра, бактерициды (низин), экстракты перца и пряностей, ферменты и др., а также сорбиновая кислота и ее соли.

Широкое применение в пищевой промышленности различных пищевых добавок, в том числе консервантов, создает необходимость разработки надежных, удобных и точных методов контроля их наличия и количественного определения. Многие добавки



Источник изображения: freepik.com

в повышенных количествах могут вызывать различные аллергические реакции, обладать острой, субхронической или хронической токсичностью, а выявление генотоксичности какой-либо добавки влечет за собой ее исключение из списка разрешенных для использования в пищевой промышленности. Под генотоксичностью подразумевают вредоносные действия над клеточным генетическим материалом, влияющие на его целостность. Генотоксичные вещества потенциально мутагенны или канцерогенны, в частности, способны привести к генетической мутации или к развитию опухолей. Сорбаты натрия (E201) и кальция (E203), ранее широко используемые в технологиях продуктов питания, в связи с появлением новых научных данных об их генотоксичности с 27.02.2024 г. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 29 августа 2023 г. № 84 «О внесении изменений в Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 г. № 58» исключены из перечня разрешенных ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных

<sup>5</sup>Final Report on the Safety Assessment of Sorbic Acid and Potassium Sorbate // Journal of the American college of toxicology. Vol. 7. № 6. 1988. P. 837–880. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3109/10915818809078711>

средств» [23], а введение новых добавок с присвоением индекса «Е» в список разрешенных будет осуществляться только после окончания проведения всех необходимых исследований их безопасности, включая максимальную проверку на генотоксичность. Сорбиновая кислота и сорбат калия остаются разрешенными, поскольку их безопасность была подтверждена, однако могут быть пересмотрены регламенты использования консервантов E200 и E202 в части снижения максимально допустимых уровней их содержания в пищевой продукции [19].

Сорбиновая кислота является одним из наиболее изученных консервантов. Ее открытие состоялось еще в XIX веке, а изучение свойств, механизма действия, консервирующего эффекта более активно началось в 20–30-е годы XX века [4, 20]. Во время исследований были получены различные ее соли, например, такие как сорбаты натрия, кальция, калия, бария, лития, которые также изучались как на антимикробную активность, так и по показателям безопасности для потребителя [5]. По результатам исследований проводилась выбраковка наименее эффективных и не прошедших отбор по критериям безопасности соединений. За многолетнюю практику применения сорбиновой кислоты и ее калиевой соли в качестве консервантов не раз вставал вопрос об их безопасности для потребителя, поэтому многие ученые (в большей степени встречаются зарубежные результаты исследований) занимались проблемами в этой области [5]. Например, сотрудники института токсикологии США, по итогам большого ряда изысканий, заявили о безопасности сорбиновой кислоты и сорбата калия при современной практике применения и концентрации<sup>5</sup>. Оба консерванта были исследованы на острую пероральную, субхроническую токсичность, на мутагенное действие с использованием теста Эймса, тестов генетической рекомбинации, реверсионных анализов, тестов на хромосомные aberrации и др.

Также французскими учеными из Лаборатории анализа биологической ценности пищевых продуктов при условиях, типичных для пищевой промышленности, были проведены исследования мутагенеза, включая тест Эймса, исследования генотоксичности с клетками HeLa и плазмидной DNA,



Источник изображения: freerik.com

<sup>5</sup>Асанова, А. А. Степень воздействия пищевых консервантов на активность ферментов, выполняющих разную метаболическую функцию / А. А. Асанова // Молодёжь и наука: Сб. материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т. 2012.

которые показали, что ни один исследованный продукт с вышеуказанными консервантами не проявлял ни мутагенной, ни генотоксичной активности [21]. Исследования той же направленности проводили и немецкие ученые [22].

Сибирский федеральный университет занимался проблемами влияния пищевых консервантов, в том числе сорбиновой кислоты и сорбата калия, на активность ряда ферментов, различающихся по выполняемой метаболической функции с целью стабилизации технологий производства и хранения пищевых продуктов<sup>6</sup>. В ходе экспериментов было показано, что эти соединения могут оказывать значительный ингибирующий эффект на функциональную активность ферментов. В наибольшей степени воздействию данных консервантов подвержены ферменты класса оксидоредуктаз, которые в свою очередь обладают наибольшей чувствительностью к действию именно сорбиновой кислоты.

В России предприятия, использующие в технологии производства продуктов питания любые пищевые добавки, в том числе консерванты, должны осуществлять внутренний надзор за их применением по фактической закладке и в соответствии с программой производственного контроля. Однако возможен еще и внешний контроль производителей органами Роспотребнадзора, Россельхознадзора и др. контролирующими организациями. Такие испытания проводят лаборатории, аккредитованные на данный тип исследований, оперируя методиками и методами измерений, включенными в перечни стандартов, содержащих правила и методы исследований и измерений, в том числе правила отбора проб, необходимые для применения и исполнения требований ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 029/2012, которые обеспечивают сопоставимость испытаний при их использовании.

Отдельные производители сыров время от времени сталкиваются с вопросом: надо ли информировать потребителя о консервантах, использованных в технологии производства сыров, в частности для их поверхностной обработки? Необходимо сказать, что использование разрешенных консервантов, в частности, сорбиновой кислоты и сорбата калия, даже только для обработки поверхности головок не исключает возможность их миграции в поверхность продукта. Поэтому в маркировке пищевых про-



Источник изображения: freepik.com

дуктов, в том числе сыров, в обязательном порядке должны быть указаны все пищевые добавки, участвующие при производстве продукции. Это положение ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» касается всех пищевых добавок независимо от их количества и назначения.

Применение пищевых добавок регламентируется ТР ТС 029/2012 и не всегда определяется конкретными нормами внесения. Примером может служить указание максимального уровня в продукции сорбиновой кислоты и сорбата калия при поверхностной обработке сыров – согласно ТД (Технической документации) на применяемый препарат. Поэтому, чтобы избежать превышения уровня содержания пищевой добавки, их производители в сопроводительной документации дают рекомендации по применению и количеству пищевой добавки, поставляемой на сыродельное предприятие.

В связи с вышесказанным, указание в маркировочном тексте или этикетке сыра информации об использовании указанных пищевых добавок необходимо согласно положению пункта 17, части 4.4, статьи 4 ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». Эти сведения как до потребителя, так и контролирующих органов можно довести любым способом (палетная этикетка, товарно-сопроводительные документы и др.) при обязательной ее доступности.

Также Закон РФ от 07.02.1992 № 2300-1 (ред. От 04.08.2023) «О защите прав потребителей» согласно пункта 2 статьи 10 пред-

писывает в обязательном порядке выносить наименование использованного пищевого консерванта на этикетки пищевых продуктов. ■

## Sorbic acid in cheese making

**Elena A. Orlova, Valentina A. Mordvinova, Natalya. N. Onosovskaya**

All-Russian Scientific Research Institute of Butter and Cheese Production, Branch of Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Uglich

The domestic food industry is currently focusing on food products with long shelf life. Extended storage is usually a result of various aseptic packaging techniques. However, preservatives also prolong shelf-life. Such food additives can be applied only after a comprehensive and multifaceted study of their safety and possible impact on consumer health. New studies on negative effects of certain additives make it necessary to review their safety status. Sorbic acid and its salt E202 are common preservatives to be found in sauces, canned food, chocolate, jam, sausages, fruit juices, fish, bakery, confectionery, margarine, oil, butter, wine, carbonated drinks, etc. In Russian cheese production, sorbic acid and potassium sorbate serve as a surface treatment of long-maturing cheeses: they protect cheese wheels from mold, thus reducing product losses. These preservatives can be part of protective coatings, packaging matrix, and smart packaging, especially in flavored cheeses and particular wrapping types. Food preservatives require a strict qualitative and quantitative control to prevent adverse effects on consumer health, as well as elaborate labelling rules.

**Key words:** food additives, sorbic acid, sorbates, preservatives, antifungals, fungicide, cheese surface treatment

### Список литературы

1. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации / Л. А. Сарафанова. – СПб: ГИОРД, 2005. – 200 с.
2. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки. Энциклопедия / Л. А. Сарафанова. – СПб: ГИОРД, 2004. С. 151–156.
3. Нечаев, А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова [и др.] // СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.
4. Люк, Э. Консерванты в пищевой промышленности / Э. Люк, М. Ягер. – Пер. с нем. канд. хим. наук Сарафановой Л. А.; науч. ред. канд. хим. наук Пульцин М. Н. – СПб: ГИОРД, 1998. – 256 с.
5. Овчарова, Т. П. Применение сорбиновой кислоты в пищевой промышленности / Т. П. Овчарова. – М: Пищевая промышленность, 1966. – 111 с.
6. Кузнецов, В. В. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 3. Сыры / В. В. Кузнецов, Г. Г. Шилер; Под общей ред. Г. Г. Шилера. – СПб: ГИОРД, 2003. – 512 с.
7. Миргородский, Б. Г. Применение защитных покрытий при созревании и расфасовке сыров // Б. Г. Миргородский. – М: Пищевая промышленность, 1976. – 87 с.
8. Снежко, А. Г. Новое в защитных покрытиях для упаковки сыров / А. Г. Снежко, А. В. Федотова, Ю. А. Филинская // Сыроделие и маслоделие. 2010. № 3. С. 12–15. <https://www.elibrary.ru/mjbxh>
9. Ананьев, В. В. Защитные покрытия на продуктах питания: уч. пособие / В. В. Ананьев, Т. И. Аксенова, М. И. Губанова [и др.]. – М: МГУПБ, 2010.
10. Большакова, Е. А. Производственные испытания латексного покрытия «ЛИИМС» для сыров / Е. А. Большакова, Е. А. Орлова, И. А. Роздов [и др.]. / Сыроделие и маслоделие. 2005. № 2. С. 25–26. <https://www.elibrary.ru/qbqcvn>
11. Орлова, Е. А. Новое латексное покрытие для сыров / Е. А. Орлова, В. А. Мордвина, С. Г. Ильина // Сыроделие и маслоделие. 2022. № 2. С. 18–19. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-28-29>; <https://www.elibrary.ru/ispalx>
12. Cerqueira, M. A. Functional Polysaccharides as Edible Coatings for Cheese / A. M. Cerqueira [et al.] // Journal of Agriculture and Food Chemistry. 2009. Vol. 57. № 4. P. 1456–1462. <https://doi.org/10.1021/jf802726d>
13. Jafarzadeh, S. Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites; improvement in shelf life, physicochemical and sensory properties / S. Jafarzadeh [et al.] // Journal Trends in Food Science & Technology. 2021. 116. P. 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.021>
14. Valdes, A. State of the art of antimicrobial edible coatings for food packaging applications / A. Valdes [et al.] // Coatings. 2017. Vol. 7. № 4. Article number 56. <https://doi.org/10.3390/coatings7040056>
15. Dhall, R. K. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review / R. K. Dhall // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2013. Vol. 53(5). P. 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
16. Белова, Д. Д. Исследование и разработка защитного покрытия с антимикробными свойствами для производства полутвердых сыров: автореферат дис. ... канд. техн. наук / Д. Д. Белова. – Кемерово, 2019. – С. 17.
17. Нагула, М. Н. Разработка защитного покрытия на основе хитозана для твердых сыров: автореферат дис. ... канд. техн. наук / М. Н. Нагула. – Москва, 2008. – С. 27.
18. Коулз, Р. Упаковка пищевых продуктов / Р. Коулз, Д. МакДауэлл, М. Дж. Кирвин. – СПб: Профессия, 2008. – 408 с.
19. Багрянцева, О. В. Обоснование изменения перечня пищевых добавок, разрешенных для использования в Евразийском экономическом союзе / О. В. Багрянцева, С. А. Хотимченко, Е. В. Елизарова // Пищевая промышленность. 2020. № 6. С. 42–46. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10064>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43027859>
20. Капитонов, И. Е. К истории разработки и организации производства сорбиновой кислоты в Тамбове / И. Е. Капитонов, Е. Н. Капитонов // Вестник ТГТУ. 2003. Том 9. № 1. С. 136–139. <https://www.elibrary.ru/pwwttx>
21. Ferrand, C. Mutagenicity and genotoxicity of sorbic acid-amine reaction products / C. Ferrand [et al.] // Journal Food Additives and Contaminants. 2000. Vol. 17, № 11. P. 895–901. [https://doi.org/10.1016/s0887-2333\(00\)00035-7](https://doi.org/10.1016/s0887-2333(00)00035-7)
22. Jung, R. Evaluation of the genotoxic potential of sorbic acid and potassium sorbate / R. Jung [et al.] // Journal Food and Chemical Toxicology. Vol. 30. № 1. January 1992. P. 1–7. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(92\)90130-D](https://doi.org/10.1016/0278-6915(92)90130-D)