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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2505
https://elibrary.ru/ZHKHUX

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Развитие микобиоты ягод крыжовника при хранении

Н. В. Мотовилова*, О. В. Голуб, Г. П. Чекрыга

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Краснообск, Россия

Поступила в редакцию: 21.02.2023
Принята после рецензирования: 15.08.2023
Принята к публикации: 05.09.2023

**Н. В. Мотовилова: motovilovanv@sfsca.ru, https://orcid.org/0000-0002-2249-7666*
О. В. Голуб: https://orcid.org/0000-0003-2561-9953
Г. П. Чекрыга: https://orcid.org/0000-0002-3756-1798

© Н. В. Мотовилова, О. В. Голуб, Г. П. Чекрыга, 2024

Аннотация.
Ягоды в питании человека рассматриваются как источник биологически активных веществ. Ягоды крыжовника обладают оригинальными органолептическими характеристиками и высокой пищевой ценностью. Однако информации о контаминации микромицетами ягод крыжовника недостаточно. Цель работы – определение состава микобиоты ягод крыжовника вида *Ribes uva-crispa* L. и его изменение в зависимости от сорта и условий хранения.
Объект исследования – микобиота ягод крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2. Ягоды собрали на биополигоне Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, хранили в течение 18 суток при температуре 18 ± 2 и 4 ± 2 °C и относительной влажности воздуха 90–95 %. Методы исследования – общепринятые и стандартные.
В микобиоте исследуемых сортов ягод крыжовника выявили микромицеты, отнесенные по морфологическому строению к 9 родам, частота встречаемости которых менялась от 20 до 100 % (*Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Cryptococcus* и анаэробные дрожжи). Микромицеты рода *Fusarium* выявили только в микобиоте ягод сорта Сенатор. Особенностью микобиоты ягод сорта Сенатор являлась 100 %-ая встречаемость грибов родов *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus* и *Cladosporium*, в микобиоте ягод сорта Розовый 2 отметили 80 %-ую встречаемость *Penicillium* и *Cladosporium*. Численность микромицетов ягод сорта Сенатор была в 2 раза меньше, чем ягод сорта Розовый 2, – 558 и 945 соответственно. Увеличение численности микромицетов ягод сорта Сенатор происходило за счет грибов рода *Cladosporium*, Розовый 2 – *Penicillium*. В микобиоте обоих сортов ягод не выявили возбудителей мучнистой росы – аскомицетов. В процессе хранения на развитие дрожжей и дрожжеподобных грибов влиял сорт ягод, на развитие мицелиальных грибов – сорт и температура хранения.
Полученные данные расширяют объем научных знаний о родовом составе микобиоты ягод крыжовника, что определяет выбор мероприятий, обеспечивающих предотвращение их порчи.

Ключевые слова. *Ribes uva-crispa* L., ягода, сорт, микобиота, плесневые грибы, дрожжи, микробиота, хранение

Для цитирования: Мотовилова Н. В., Голуб О. В., Чекрыга Г. П. Развитие микобиоты ягод крыжовника при хранении // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 2. С. 261–274. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2505

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2505
https://elibrary.ru/ZHKHUX

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Gooseberry Microbiota during Storage

Natalya V. Motovilova*, Olga V. Golub, Galina P. Chekryga

Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

Received: 21.02.2023
Revised: 15.08.2023
Accepted: 05.09.2023

**Natalya V. Motovilova: motovilovanv@sfsca.ru, https://orcid.org/0000-0002-2249-7666*
Olga V. Golub: https://orcid.org/0000-0003-2561-9953
Galina P. Chekryga: https://orcid.org/0000-0002-3756-1798

© N.V. Motovilova, O.V. Golub, G.P. Chekryga, 2024

Abstract.
Berries are a source of biologically active substances in human diet. Gooseberries have attractive sensory properties and high nutritional value. However, modern science knows little about micromycetic contamination of gooseberry. The research objective was to define the mycobiota composition of *Ribes uva-crispa* L. varieties during storage.
The study featured the mycobiota of gooseberry varieties Senator and Rozoviy 2. The berries were harvested on the test field of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences. They were stored for 18 days at 18 ± 2 and 4 ± 2°C and a relative humidity of 90–95%.
The authors used standard research methods to identify the mycobiota and attribute them to nine genera by morphological structure: *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Cryptococcus*, and anaerobic yeast. The frequency of occurrence varied from 20 to 100%. Micromycetes of the genus *Fusarium* were present only in the Senator sample, which also demonstrated a 100% occurrence of *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, and *Cladosporium*. In the sample of Rozoviy 2, *Penicillium* and *Cladosporium* occurred in 80%. The Senator sample was twice as low in micromycetes as the Rozoviy 2 berries: 558 vs. 945, respectively. The Senator berries grew in micromycetes due to the *Cladosporium* fungi while Rozoviy 2 owed its micromycetic increase to *Penicillium*. Both varieties showed no signs of ascomycetes known as a powdery mildew agent. During storage, the growth of yeast and yeast-like fungi depended on the variety of berries while the growth of mycelial fungi depended on the variety and storage temperature.
The data obtained expand the scope of scientific knowledge about the generic composition of gooseberry mycobiota, which may help to select correct anti-spoilage measures.

Keywords. *Ribes uva-crispa* L., berry, variety, mycobiota, mold fungi, yeast, microbiota, storage

For citation: Motovilova NV, Golub OV, Chekryga GP. Gooseberry Microbiota during Storage. Food Processing: Techniques and Technology. 2024;54(2):261–274. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2505

Введение

Фрукты, в том числе ягоды, необходимы в питании человека, поскольку являются источником жизненно необходимых нутриентов, в том числе пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ и пр. [1–3]. Согласно Приказу Министерства здравоохранения РФ от 19.08.2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» минимальное потребление фруктов в год – 100 кг, из них 7 кг приходится на ягоды. Мировое потребление ягод растет, в том числе из-за пропаганды здорового образа жизни. Поскольку их употребляют в сыром виде, то они являются поставщиком патогенных микроорганизмов, которые могут находиться как на их поверхности (эпифиты), так и внутри тканей (эндофиты) [4–6].

Для микроорганизмов характерны свойства комменсализма, мутуализма и инфекций, сила которых меняется при воздействии биотических, абиотических и антропогенных факторов [7].

Знаний о микробных сообществах свежих ягод недостаточно. Основные направления исследований посвящены болезням растений (коммерчески востребованных овощей или плодов), вызываемых бактериями, грибами и вирусами, а также разработке способов их выявления и предотвращения. R. J. Mendes с соавторами выявили биологическую активность смесей пептидов (BP100:RW-BP100, BP100:CA-M и RW-BP100:CA-M) в отношении штаммов бактерии *Erwinia amylovora* (LMG 2024, Ea 630 и Ea 680), вызывающей бактериальный ожог деревьев [8]. K. Çağlayan с соавторами секвенировали полный геном нового РНК-вируса, предварительно названного вирусом вишни

Турции (CVTR), принадлежащего к роду *Robigovirus* из симптоматических листьев черешневого дерева (*Prunus avium* cv. 0900 Ziraat). Также авторы выдвинули предположение о том, что данный вирус заражает деревья в вишневых садах страны [9]. Ш. Разо с соавторами разработали иммунохроматографическую тест-систему на основе каталитических свойств наночастиц Au-Pt, которая обеспечивает высокочувствительную детекцию возбудителя бактериального ожога *E. amylovora* [10].

Грибной компонент (микобиота) свежих ягод является неотъемлемой, но менее исследованной, частью микробиоты по сравнению с бактериальным компонентом [11]. М. М. Гомжина с соавторами провели оценку биоразнообразия грибов, ассоциированных с дикорастущей черникой, которая произрастает на территории Ленинградской области, Республики Карелия и Финляндии. Авторы идентифицировали 12 видов грибов (*Boeremia exigua*, *Colletotrichum salicis*, *Diaporthe eres*, *Diaporthe pulla*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium incarnatum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Heterophoma sylvatica*, *Kalmusia longispora*, *Microsphaeropsis olivacea*, *Neocucurbitaria cava* и *Sporocadus rosigena*) и выявили микромицеты родов *Alternaria*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Coniothyrium*, *Curvularia*, *Epicoccum*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis*, *Sordaria* и *Trichoderma* [12]. Отмечено, что около 25 % всех овощей и ягод ежегодно теряется из-за грибковых инфекций в процессе сбора, послеуборочной обработки и последующей переработки [13, 14]. Микобиота ягод может представлять угрозу для здоровья человека. Например, микотоксины – вторичные метаболиты мицелиальных грибов – способны вызывать тяжелые системные заболевания, аллергические реакции или инфекции, вызванные условно-патогенными грибковыми возбудителями и пр. [15, 16]. Пораженные грибковыми инфекциями ягоды изменяют свои качественные характеристики: появляется неприятный запах, приобретается не характерная для вида или сорта ягод твердость, снижается пищевая ценность, в том числе за счет биологически активных веществ и пр. [13, 17]. Поэтому в научном сообществе проводятся постоянные исследования микобиоты как произрастающих фруктов, так и в процессе их послеуборочной обработки, переработки и реализации. Ж. Айтымбет с соавторами определили, что поражение плодов яблони Сиверса, произрастающей на территории плодовых лесов Казахстана, вызывает группа грибов родов *Alternaria*, *Ascochyta*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Diplocarpon*, *Fusarium*, *Monilinia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Schizothyrium*, *Syncephalastrum*, *Trichothecium* и *Venturia* [18]. М. В. Выборнова с соавторами в 10 сортах смородины, произрастающей в Центрально-черноземном районе России, выявили 7 родов грибов (*Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* и *Rhizopus*), которые вызывают черную, фузариозную и серую гнили, черную, зелено-голубую, зелено-желтую и серую головчатую плесени соответственно, грибы рода *Puccinia* – ржавчину, грибоподобные микроорганизмы рода *Phytophthora* – фитофторозную гниль [19]. C. Gómez-Albarrán с соавторами в ягодах винограда, выращенного и собранного в Испании, выявили наличие микотоксигенных грибов, в том числе *Aspergillus flavus*, виды совокупности *Aspergillus niger* или *Aspergillus* section *Circumdati*, а также установили, что *Hanseniaspora uvarum* U1 можно рассматривать как агент биоконтроля роста грибов различных афлатоксигенных и охратоксигенных видов [20]. Т. В. Жидехина с соавторами в 6 сортах малины российской селекции и 3 иностранной, помещенной на хранение, выявили 3 рода грибов (*Alternaria*, *Fusarium* и *Botrytis*), вызывающих черную, сухую и серую гнили соответственно, 5 родов (*Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* и *Mucor*) – черную, зелено-голубую, зелено-желтую, серую головчатую и головчатую плесени соответственно, грибоподобные микроорганизмы рода *Phytophthora* – кожистую гниль, грибы рода *Phragmidium* – загнивание костянок [21]. P. Rodrigues с соавторами выявили, что свежие плоды каштана сорта Martaínha, выращенные в Португалии, наименее восприимчивы к росту грибов, чем сорта Judia и Longal; микобиота плодов представлена грибами родов *Mucor* и *Penicillium* (возбудители зеленой гнили), *Ciboria* (черной гнили), *Botrytis* (серой гнили) и *Gnomoniopsis* (бурой гнили); стерилизация плодов в гидротермальной ванне приводит к уничтожению грибов рода *Gnomoniopsis* и *Botrytis*, уменьшению – *Mucor*, *Penicillium* и *Alternaria* [22]. M. A. Hussein с соавторами выявили, что в микобиоте ягод клубники, реализуемых на рынках города Кена (Египет), присутствуют 15 родов грибов, доминируют *A. flavus*, *A. niger* и *Penicillium citrinum*, что противоречит результатам других исследований, в которых основными являлись грибы родов *Botrytis* и *Cladosporium* [23]. M. Quaglia с соавторами выявили в микобиоте сушеных фиников, реализуемых на рынке Перуджи (Умбрия, Центральная Италия), присутствие грибов родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Cladosporium* 26 изолятов; количество грибов меньше в микобиоте целых плодов, упакованных в герметичную упаковку [24].

Крыжовник, представляющий собой листопадный кустарник, принадлежит к семейству *Grossulariaceae* и роду *Ribes*. Крыжовник европейского вида (*Ribes uva-crispa* L.) является наиболее распространенным видом среди встречающихся во всем мире. Ягоды крыжовника обладают оригинальными органолептическими характеристиками и высокой пищевой ценностью. Пищевая ценность вызывала и вызывает интерес у людей, которые стремятся вести здоровый образ жизни, поскольку биологически активные вещества ягод крыжовника обладают потенциалом, способствующим укреплению здоровья [25–27]. На основании вышесказанного специалистами осуществляется разработка пищевой продукции, способной удовлетворить возрастающие потребности потребителей [28–30]. Несмотря на объем информации о возможностях пищевого использования

ягод крыжовника, их коммерческая ценность ограничена, в том числе из-за уязвимости для многочисленных патогенов, включая грибы, бактерии и вирусы. Сегодня практически отсутствуют исследования, посвященные изучению микро- и микобиоты (паразитических аскомицетов *Sphaerotheca mors-uvae* Berk. Et Curt. и других фитопатогенов) [31–33].

Цель исследования – определение состава микобиоты ягод крыжовника вида *R. uva-crispa* и его изменение в зависимости от сорта и условий хранения.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования – микобиота ягод крыжовника вида *Ribes uva-crispa* L. культурных сортов Сенатор и Розовый 2. Ягоды собрали на биополигоне Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук. Сбор ягод в контейнеры без крышки из полиэтилентерефталата массой 500 ± 20 г осуществляли в сухую погоду вручную. Объем партии исследуемых сортов ягод составил по 20 упаковочных единиц для каждого варианта хранения, объем выборки – 3 упаковочные единицы. Ягоды по своим характеристикам качества соответствовали требованиям второго товарного сорта (ГОСТ 33485-2015): ягоды свежие, развившиеся, здоровые, чистые, целые, без излишней внешней влажности; ягоды разнородные по размеру (масса одной ягоды, г: Сенатор – от 2,5 до 4,4, Розовый 2 – от 5,0 до 10,0), однородные по окраске (Сенатор – темно-красные, Розовый 2 – светло-красные), без дефектов формы (Сенатор – округлая форма, Розовый 2 – округлоовальная); утечки сока, с незначительной помятостью (Сенатор – тонкая кожица, Розовый 2 – плотная); запах и вкус – свойственные ягодам крыжовника, нежные, сладко-кислые; стадия зрелости – техническая; механические повреждения и повреждения, вызванные сельскохозяйственными вредителями и болезнями, в т. ч. мучнистой росой, – отсутствовали; ягоды запаренные, забродившие, заплесневелые, загнившие, со следами химических средств защиты – отсутствовали; минеральные примеси и примеси растительного происхождения – отсутствовали; массовая доля сухих веществ, %: Сенатор – 20,3, Розовый 2 – 20,8.

Хранение ягод крыжовника осуществляли при параметрах физических воздействий, воспроизводимых при промышленном хранении в складских помещениях: в холодильной камере Polair, сплит-система Belluna U103 (Россия) при относительной влажности воздуха 90–95 % и температуре 18 ± 2 °С; в холодильнике Свияга 445С (Россия) при относительной влажности воздуха 90–95 % и температуре 4 ± 2 °С. Срок хранения ягод (18 суток) выбрали на основании изменений внешнего вида.

Для выявления степени контаминации микроорганизмами ягод использовали метод смыва: 10 г ягод помещали во флакон с 90 см^3 физиологического стерильного раствора и вручную встряхивали 15–20 мин, получали разведение 10^{-1}. Затем стерильной пипеткой отбирали 1 см^3 исходной смывной жидкости и приливали в пробирки к 9 см^3 физиологического раствора, получали разведения 10^{-2}–10^{-3}.

В ягодах исследовали следующие микроорганизмы:
– мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы по ГОСТ 10444.15-94. Для определения количественного обсеменения ягод мезофильно аэробными и факультативно-анаэробными микроорганизмами проводили глубинные посевы разведений в чашки Петри на мясо-пептонный агар;
– титр присутствия бактерий группы кишечных палочек определяли при посеве в жидкую селективную среду Кесслера с лактозой с учетом газообразования с дальнейшим пересевом на агаризованную среду Эндо для подтверждения принадлежности выделенных колоний к колиформным бактериям по ГОСТ 31747-2012;
– наличие бактерий рода сальмонелл по МУ 4.2.2723-10 путем посева разведений в стерильные питательные среды (забуференная пептонная вода, магниевая среда, Висмут-сульфит агар, среда Эндо, среда Клиглер);
– наличие плесневых грибов и дрожжей по ГОСТ 10444.12-2013. Для определения количественного присутствия дрожжей и плесневых грибов проводили посев в селективную агаризованную среду Сабуро с левомицетином.

Подсчет количества колоний микромицетов проводили с нижней стороны чашки Петри. Количественный учет колоний проводили путем подсчета выросших колоний: дрожжей – на 3 сутки, гифальных грибов – на 5–7 сутки с последующим перерасчетом получившихся средних чисел в 1 г ягод.

Изучение микроморфологии выделенных изолятов проводили с газона с использованием фазово-контрастной микроскопии через окуляр микроскопа (×400); фотографии сделали с использованием цифрового фотоаппарата. Родовую принадлежность выросших колоний дрожжей и плесневых грибов устанавливали по различию микроморфологического строения микромицетов, характерного для каждого рода, с использованием определителей [34–37]. Под микроскопом просматривали схожие по макроморфологическому строению выросшие колонии и подсчитывали их количество. Структуру микобиоты характеризовали по частоте встречаемости идентифицированных родов и частоте их доминирования [38–40]. Обилие представителей рода определяли по процентному содержанию изолятов одного рода по отношению к общему числу изолятов. Частоту встречаемости определяли в процентах по доле образцов, в которых обнаружены грибы данного рода, от общего числа проанализированных образцов. Частоту доминирования оценивали в процентах по доле образцов, в которых грибы данного рода превышали 30,0 % от общей численности микромицетов проанализированных образцов. Для выявления типичных родов микобиоты использовали показатель встречаемости рода: типично доминирующие – частота встречаемости свыше 70,0 %, типичные – встречаемость превышает 40,0 %, случайные – ниже 20,0 %.

Для получения достоверных результатов при подсчете количества микроорганизмов использовали стандартные методы по ГОСТ Р ИСО 7218-2008.

Для определения зависимости количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов микобиоты от продолжительности и температуры хранения использовали корреляционный анализ. Для исследования степени влияния факторов («А» – сорт ягод крыжовника, «В» – температура хранения, «С» – срок хранения) на изменение исследуемого результативного признака провели дисперсионный анализ. Обработку экспериментальных данных провели с использованием программы SNEDECOR [41].

При выполнении исследований использовали следующее оборудование: баня водяная Biosan WB-4MS (Латвия), весы лабораторные Ohaus PA2102C (Китай), весы лабораторные Ohaus PA214 (Китай), микроскоп Микромед 2 (Россия), настольный измеритель pH Ohaus Starter 2100 (Китай), плита программируемая ПЛП-03 НПП «Томьаналит» (Россия), стерилизатор паровой ВК-0701 (Россия), термостат MIR-262 Sanyo (Япония), фотоаппарат цифровой Canon PC1227/DC4/3V (Япония), шкаф сушильный ШС-80 (Россия).

Результаты и их обсуждение

Микробная загрязненность свежесобранных ягод связана со средой их произрастания, определяющейся степенью естественной контаминации в полевых условиях. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Исследования количественного присутствия микроорганизмов в микробиоте свежесобранной ягоды обоих сортов показали, что обсемененность мезофильно аэробными и факультативно-анаэробными микроорганизмами находилась практически на одном уровне (10^4), плесневых грибов и дрожжей в пределах второго разведения. Бактерии группы кишечных палочек и патогенные микроорганизмы, в том числе рода *Salmonella*, в свежесобранных ягодах отсутствовали.

По сравнению с микробиотой свежесобранной продукции в микробиоте ягод после 3-х суток хранения при температуре 18 ± 2 °С отметили увеличение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: на порядок, независимо от сорта, плесневых грибов и дрожжей – в 5,0 и 3,5 раза для сортов Сенатор и Розовый 2 соответственно. Выявили бактерии группы кишечных палочек методом смыва (10^{-1}).

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов после 18 суток хранения при температуре 18 ± 2 °С увеличилось в микробиоте ягод сорта Сенатор в 2,92 раза, по сравнению с количеством после 3-х суток хранения, в микробиоте ягод Розовый 2 – в 9,78 раз. Количество плесневых грибов и дрожжей, а также титр бактерий группы кишечной палочки ягод сорта Сенатор не изменялись. В микробиоте ягод Розовый 2 отметили значительное увеличение титра бактерий группы кишечной палочки (до 10^2) и численность плесневых грибов и дрожжей (до 10^3).

Таблица 1. Микробиота ягод крыжовника

Table 1. Microbiota in gooseberries

Вариант хранения	Среднее количество колоний, КОЕ/г		Бактерии группы кишечной палочки		Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы
	Мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов	Плесневых грибов и дрожжей	10^1	10^2	
Сорт Сенатор					
0	$1{,}91 \pm 0{,}58\times10^4$	$1{,}36 \pm 0{,}49\times10^2$	отсутствуют	отсутствуют	не обнаружено
I/1	$2{,}41 \pm 0{,}65\times10^5$	$7{,}00 \pm 1{,}11\times10^2$	присутствуют	отсутствуют	не обнаружено
I/2	$7{,}04 \pm 1{,}11\times10^5$	$6{,}86 \pm 1{,}09\times10^2$	присутствуют	отсутствуют	не обнаружено
II/1	$1{,}77 \pm 0{,}56\times10^4$	$7{,}27 \pm 1{,}13\times10^2$	отсутствуют	отсутствуют	не обнаружено
II/2	$9{,}73 \pm 1{,}30\times10^4$	$2{,}86 \pm 0{,}71\times10^2$	отсутствуют	отсутствуют	не обнаружено
Сорт Розовый 2					
0	$2{,}36 \pm 0{,}17\times10^4$	$2{,}04 \pm 0{,}59\times10^2$	отсутствуют	отсутствуют	не обнаружено
I/1	$1{,}36 \pm 0{,}48\times10^5$	$7{,}18 \pm 1{,}12\times10^2$	присутствуют	отсутствуют	не обнаружено
I/2	$1{,}33 \pm 0{,}15\times10^6$	$2{,}10 \pm 1{,}91\times10^3$	присутствуют	присутствуют	не обнаружено
II/1	$7{,}50 \pm 1{,}14\times10^4$	$6{,}23 \pm 1{,}04\times10^2$	отсутствуют	отсутствуют	не обнаружено
II/2	$2{,}12 \pm 1{,}92\times10^5$	$6{,}95 \pm 1{,}10\times10^2$	присутствуют	отсутствуют	не обнаружено

Примечание: 0 – свежесобранные, температура 25 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 67–72 %; I/1 – 3 сутки хранения, температура 18 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; I/2 – 18 сутки хранения, температура 18 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; II/1 – 3 сутки хранения, температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; II/2 – 18 сутки хранения, температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %.

Note: 0 – freshly harvested, 25 ± 2°C, 67–72% relative humidity; I/1 – 3 days of storage at 18 ± 2°C and 90–95% relative humidity; I/2 – 18 days of storage at 18 ± 2°C and 90–95% relative humidity; II/1 – 3 days of storage at 4 ± 2°C and 90–95% relative humidity; II/2 – 18 days of storage at 4 ± 2°C and 90–95% relative humidity.

В микробиоте ягод сорта Сенатор после 3-х суток хранения при температуре 4 ± 2 °С отметили незначительное снижение количественного присутствия мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (в среднем в 0,08 раз) с одновременным увеличением численности плесневых грибов и дрожжей (более чем в 5 раз). В микробиоте ягод сорта Розовый 2 количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесневых грибов и дрожжей увеличилось более чем в 3 раза, но оставалось в пределах четвертого и второго разведений соответственно. Бактерии группы кишечной палочки в микробиоте ягод, независимо от сорта, после 3-х суток хранения отсутствовали.

Количественное присутствие мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов увеличилось в микробиоте ягод для сорта Сенатор после 18 суток хранения при температуре 4 ± 2 °С, по сравнению с количеством после 3-х суток, практически в 5,5, в микробиоте ягод сорта Розовый 2 в 2,8 раза. Численность плесневых грибов и дрожжей в микробиоте ягод сорта Сенатор уменьшилась более чем в 2,5 раза, в микробиоте сорта Розовый 2 увеличилась в 1,1 раза. Бактерии группы кишечной палочки отсутствовали в микробиоте ягод сорта Сенатор и были выявлены в микробиоте сорта Розовый 2 (101).

Патогенные микроорганизмы рода *Salmonella* отсутствовали в микробиоте ягод сортов Сенатор и Розовый 2, независимо от срока и температуры хранения.

При анализе значимости факторов (табл. 2), влияющих на количество колоний мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесневых грибов и дрожжей в микробиоте ягод крыжовника, установлено, что существенно влиял срок хранения (фактор «С»), меньше – сорт (фактор «А») и температура хранения (фактор «В»). Взаимодействие исследуемых факторов имело аддитивный характер в отношении исследуемых микроорганизмов микробиоты ягод крыжовника.

Корреляционный анализ показал тесную связь увеличения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов с повышением продолжительности хранения в микробиоте сортов Сенатор (r = 0,62; P = 0,95 %) и Розовый 2 (r = 0,69; P = 0,95 %). Отметили среднюю связь между численностью количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов с изменением температуры хранения в микробиоте сортов Сенатор (r = 0,41; P = 0,95 %) и Розовый 2 (r = 0,29; P = 0,95 %).

Отметили тесную связь увеличения количества плесневых грибов и дрожжей с повышением продолжительности хранения в микробиоте сорта Розовый 2 (r = 0,70; P = 0,95 %), среднюю – с температурой хранения (r = 0,33; P = 0,95 %). Отсутствует взаимосвязь влияния продолжительности хранения с количеством плесневых грибов и дрожжей в микробиоте сорта Сенатор (r = 0,00; P = 0,95 %) и слабое влияние температуры (r = 0,08; P = 0,95 %).

Изменения микобиоты обусловлены не только особенностями помологического сорта, но и способностью микромицетов адаптироваться к средообразующим условиям. Провели исследования микобиоты ягод в процессе хранения (табл. 3–5, рис. 1–3).

В микобиоте ягод сорта Сенатор всех исследуемых образцов выделено 558 изолята грибов, отнесенных к 10 родам (табл. 5).

В микобиоте свежесобранного образца ягод сорта Сенатор выявлено 42,85 % мицелиальных, 42,85 %

Таблица 2. Значимость факторов, влияющих на микробиоту ягод крыжовника, % (p = 0,05)

Table 2. Factors that affect gooseberry microbiota, % (p = 0.05)

Фактор		Среднее количество колоний, КОЕ, г	
		Мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов	Плесневых грибов и дрожжей
А	Влияние	0,63	7,45
	$НСР_{0,5}$	4,37	6,78
В	Влияние	19,06	7,45
	$НСР_{0,5}$	4,37	6,78
С	Влияние	31,25	28,11
	$НСР_{0,5}$	5,35	8,30
АВ	Влияние	0	2,10
	$НСР_{0,5}$	6,18	9,58
АС	Влияние	3,27	20,31
	$НСР_{0,5}$	7,56	11,74
ВС	Влияние	34,3	19,19
	$НСР_{0,5}$	7,56	11,74

Примечание: фактор «А» – сорт ягод крыжовника; фактор «В» – температура хранения; фактор «С» – срок хранения.

Note: factor A – variety; factor B – storage temperature; factor C – storage time.

Таблица 3. Зарастание посевов на агаре Сабуро с левомицетином (на 3 сутки, температура 18 ± 2 °С)

Table 3. Cultures on Sabouraud agar with chloramphenicol: day 3, 18 ± 2°C

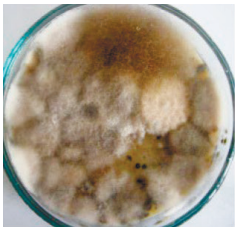
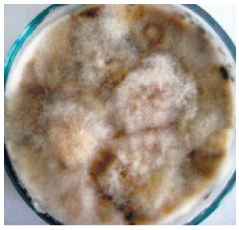
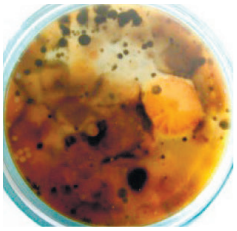
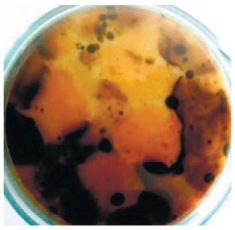
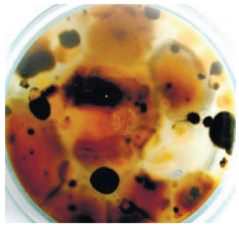
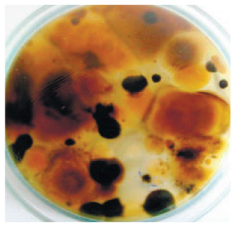
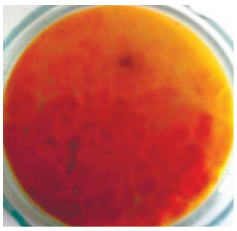
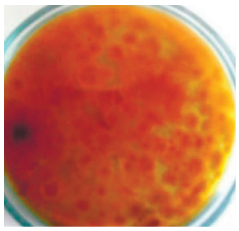
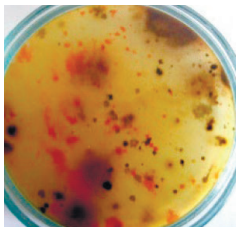
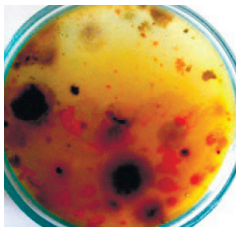
Ягоды крыжовника сорта	Разведение	
	10^1	10^2
Сенатор	Лицевая сторона	
		Нет роста
	Лицевая сторона	
	 	
	Обратная сторона	
	   	
Розовый 2	Лицевая сторона	
		Нет роста
	Лицевая сторона	
	Обратная сторона	
	   	

Таблица 4. Характеристика микобиоты ягод крыжовника (посев в селективную среду Сабуро с левомицетином)

Table 4. Gooseberry mycobiota in Sabouraud agar with chloramphenicol

Микобиота	Вариант хранения				
	0	I/1	I/2	II/1	II/2
Сорт Сенатор					
Присутствие выделенных родов от общей численности родов, %, в том числе	70,00	60,00	80,00	50,00	70,00
дрожжи	14,30	16,67	12,50	0	0
дрожжеподобные грибы	42,85	33,33	37,50	50,00	42,86
мицелиальные грибы	42,85	50,00	50,00	50,00	57,14
Сорт Розовый 2					
Присутствие выделенных родов от общей численности родов, %, в том числе	66,70	22,22	33,33	66,70	66,70
дрожжи	33,33	50,00	0	16,67	16,67
дрожжеподобные грибы	16,67	0	0	50,00	33,33
мицелиальные грибы	50,00	50,00	100,00	33,33	50,00

Примечание: 0 – свежесобранные, температура 25 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 67–72 %; I/1 – 3 сутки хранения, температура 18 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; I/2 – 18 сутки хранения, температура 18 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; II/1 – 3 сутки хранения, температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; II/2 – 18 сутки хранения, температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %.

Note: 0 – freshly harvested, 25 ± 2°C, 67–72% relative humidity; I/1 – 3 days of storage at 18 ± 2°C and 90–95% relative humidity; I/2 – 18 days of storage at 18 ± 2°C and 90–95% relative humidity; II/1 – 3 days of storage at 4 ± 2°C and 90–95% relative humidity; II/2 – 18 days of storage at 4 ± 2°C and 90–95% relative humidity.

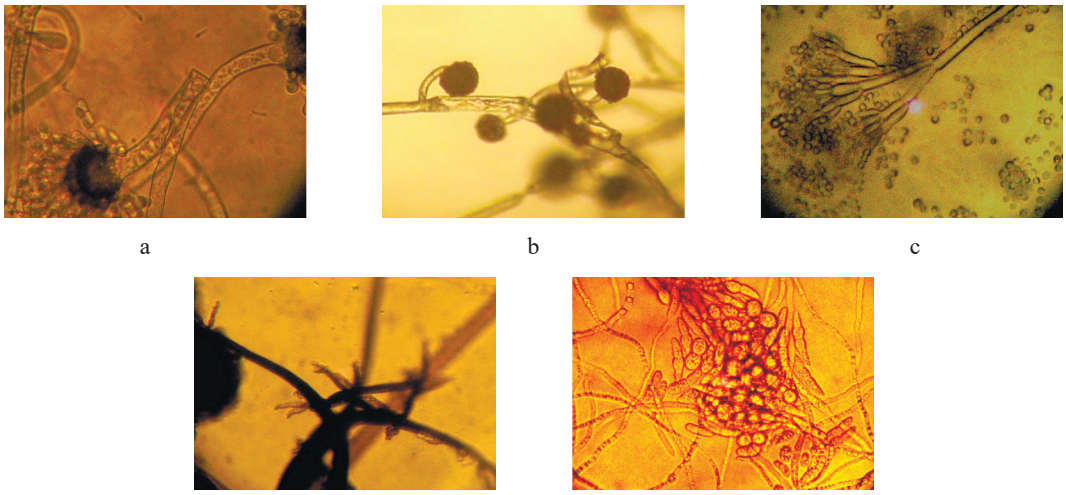
Таблица 5. Родовая структура микобиоты ягод крыжовника, %

Table 5. Generic structure of gooseberry mycobiota, %

Рода	Вариант хранения					Частота доминирования	Частота встречаемости
	0	I/1	I/2	II/1	II/2		
Сорт Сенатор							
Aspergillus	6,67	2,60	3,97	5,00	1,59	0	100,0
Mucor	3,33	0	1,98	0	0	0	40,0
Penicillium	3,33	3,89	4,64	1,25	14,28	0	100,0
Rhizopus	0	0	0	0	1,59	0	
Fusarium	0	0,65	1,32	4,37	1,59	0	80,0
Alternaria	3,33	14,28	15,23	1,25	31,75	0	100,0
Aureobasidium	6,67	0	17,88	15,63	6,35	0	80,0
Cladosporium	16,67	77,27	49,67	72,50	42,85	40,0	100,0
Cryptococcus	0	1,30	5,30	0	0	0	40,0
Анаэробные дрожжи	60,0	0	0	0	0	20,0	20,0
Всего, КОЕ/г	30	154	151	160	63	–	–
Сорт Розовый 2							
Aspergillus	11,11	0	0	0	0,65	0,00	40,0
Mucor	2,22	0	0,87	2,92	1,31	0	80,0
Penicillium	0	81,65	97,70	58,39	67,97	40,0	80,0
Rhizopus	2,22	0	0,43	0	0	0	40,0
Alternaria	20,00	0	0	4,38	5,23	0	60,0
Aureobasidium	0	0	0	17,52	0	0	20,0
Cladosporium	0	0	0	8,76	15,69	0	40,0
Cryptococcus	1,44	18,35	0	8,03	9,15	0	80,0
Анаэробные дрожжи	60,0	0	0	0	0	20,0	20,0
Всего, КОЕ/г	45	158	461	137	153	–	–

Примечание: 0 – свежесобранные, температура 25 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 67–72 %; I/1 – 3 сутки хранения, температура 18 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; I/2 – 18 сутки хранения, температура 18 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; II/1 – 3 сутки хранения, температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %; II/2 – 18 сутки хранения, температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %.

Note: 0 – freshly harvested, 25 ± 2°C, 67–72% relative humidity; I/1 – 3 days of storage at 18 ± 2°C and 90–95% relative humidity; I/2 – 18 days of storage at 18 ± 2°C and 90–95% relative humidity; II/1 – 3 days of storage at 4 ± 2°C and 90–95% relative humidity; II/2 – 18 days of storage at 4 ± 2°C and 90–95% relative humidity.

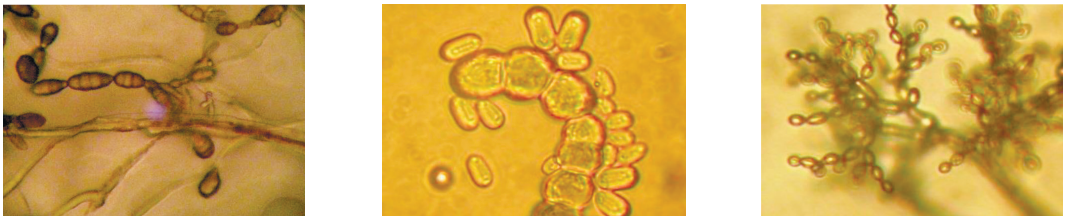


a b c

d e

Рисунок 1. Микроморфология мицелиальных грибов, выделенных из ягод крыжовника (×400): a – *Aspergillus* spp.; b – *Mucor* spp.; c – *Penicillium* spp.; d – *Rhizopus* spp.; e – *Fusarium* spp.

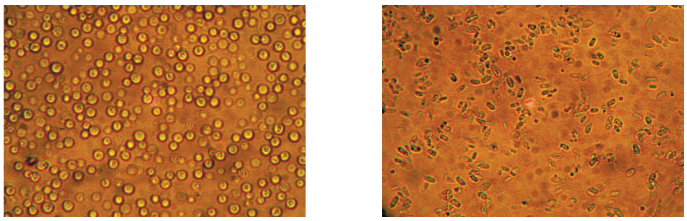
Figure 1. Micromorphology of filamentous fungi isolated from gooseberry (×400): a – *Aspergillus* spp.; b – *Mucor* spp.; c – *Penicillium* spp.; d – *Rhizopus* spp.; e – *Fusarium* spp.



a b c

Рисунок 2. Микроморфология дрожжеподобных грибов, выделенных из ягод крыжовника (×400): a – *Alternaria* spp.; b – *Aureobasidium* spp.; c – *Cladosporium* spp.

Figure 2. Micromorphology of yeast-like fungi isolated from gooseberries (×400): a – *Alternaria* spp.; b – *Aureobasidium* spp.; c – *Cladosporium* spp.



a b

Рисунок 3. Микромолфология дрожжей, выделенных из ягод крыжовника (×400): a – *Cryptococcus* spp.; b – анаэробные дрожжи

Figure 3. Micromolphology of yeast isolated from gooseberries (×400): a – *Cryptococcus* spp.; b – anaerobic yeast

дрожжеподобных грибов и 14,28 % дрожжей (табл. 4). Из них 100 %-ная частота встречаемости выявлена для мицелиальных грибов родов *Penicillium* и *Aspergillus*, дрожжеподобных – *Alternaria* и *Cladosporium*. Доминировали грибы семейства *Dematiaceae* рода *Cladosporium* и анаэробные дрожжи, представляющие собой белые блестящие колонии, очень мелкие почкующиеся дрожжевые клетки, не формирующие гиф и псевдогиф, обилие которых составляло 60,0 % от всего грибного сообщества.

После 3-х суток хранения при температуре 18 ± 2 °С численность изолятов от начальной возросла в 5 раз за счет грибов рода *Alternaria*, численность которых увеличилась в 3,5 раза, и рода *Cladosporium* – в 4 раза. Был выявлен рост грибов рода *Fusarium* и дрожжей рода *Cryptococcus*. Отсутствовал рост грибов рода *Mucor*, *Aureobasidium* и анаэробных дрожжей.

После 18 суток хранения в микобиоте наблюдали развитие грибных зародышей всех выявленных родов, за исключением рода *Rhizopus* и анаэробных дрожжей. Произошла смена статуса грибов – типично «доминирующие» грибы рода *Cladosporium* перешли в группу типично «частых».

В ягодах после 3-х суток хранения при температуре 4 ± 2 °С отметили рост дрожжеподобных (до 50,0 %) и мицелиальных (до 50,0 %) грибов, но отсутствие дрожжей. Численность изолятов увеличилась в 5 раз за счет повышения численности грибов семейства *Dematiaceae* рода *Cladosporium* в 4 раза и рода *Aureobasidium* в 2 раза. Выявили рост грибов рода *Fusarium*. Доминировали грибы рода *Cladosporium*, обилие которых составило 72,5 %.

После 18 суток хранения в микобиоте выявлено 70,0 % родов от всего грибного сообщества, из них 57,14 % отнесены к мицелиальным и 42,86 % к дрожжеподобным. Истинные дрожжи в микобиоте ягод отсутствовали. Суммарно доминировали грибы семейства *Dematiaceae* родов *Cladosporium* и *Alternaria*, обилие которых составило 42,85 и 31,7 % соответственно.

В микобиоте ягод крыжовника сорта Розовый 2 всех исследуемых образцов выделено 954 изолята грибов, отнесенных к 9 родам (табл. 5). В свежесобранных ягодах выявлено 66,7 % родов грибного сообщества, из них к мицелиальным отнесено 50,00 % (рода *Mucor*, *Aspergillus* и *Rhizopus*), дрожжеподобным – 16,67 % (род *Alternaria*), к дрожжам 33,33 % (род *Cryptococcus* и анаэробные дрожжи).

В микобиоте после 3-х суток хранения при температуре 18 ± 2 °С отметили резкое сокращение численности родов грибов до 22,22 %, из них 50,00 % отнесены к группе мицелиальных грибов – род *Penicillium* (обилие 81,65 %) и 50,00 % к дрожжам – род *Cryptococcus* (обилие 18,35 %).

После 18 суток хранения в микобиоте ягод выявлено 33,33 % родов от всей численности родов, где присутствовали только мицелиальные грибы – 100,0 %. Доминировали грибы рода Pe*nicillium* (обилие 98,7 %), минимально присутствовали грибы родов *Mucor* (обилие 0,87 %) и *Rhizopus* (обилие 0,43 %).

После 3-х суток хранения ягод при температуре 4 ± 2 °С отметии сохранение первоначального присутствия (66,70 %) общего количества выявленных родов грибов. Из них в мицелиальную группу (33,33 %) вошли грибы родов *Penicillium* (обилие 58,39 %) и *Mucor* (2,92 %), дрожжеподобную (50,00 %) – рода *Aureobasidium*, *Cladosporium* и *Alternaria* (их обилие составило 17,52, 8,76 и 4,38 % соответственно), дрожжей (16,67 %) рода *Cryptococcus*.

После 18 суток хранения наблюдали снижение количества дрожжеподобных грибов (до 33,33 %) с одновременным увеличением мицелиальных до 50,00 %, доминировали грибы рода *Penicillium* (обилие 67,97 %). Количество дрожжей не изменялось.

Провели дисперсионный анализ для выявления степени влияния сорта ягод крыжовника, температуры и продолжительности их хранения на микобиоту. Результаты представлены в таблицах 6 и 7.

Выявили низкое влияние факторов («А» – сорт ягод крыжовника, «В» – температура хранения, «С» – срок хранения) на численность выделенных родов микобиоты ягод крыжовника, в том числе мицелиальных грибов (табл. 6). Фактор «А» существенно влиял на развитие дрожжей (29,45 %) и дрожжеподобных грибов (36,72 %) микобиоты ягод крыжовника, фактор «В» только дрожжеподобных грибов (22,36 %). Для количественных изменений микобиоты, в том числе мицелиальных грибов, ягод крыжовника значимо взаимодействие факторов «АВ» (39,06 и 21,61 % соответственно), несущественно – «АС» и «ВС». Численность родов дрожжей и дрожжеподобных грибов практически не зависела от взаимодействия исследуемых факторов.

Данные таблицы 7 свидетельствуют о том, что на увеличение численности в микобиоте ягод крыжовника

Таблица 6. Значимость факторов, влияющих на микобиоту ягод крыжовника, % (p = 0,05)

Table 6. Factors that affect gooseberry mycobiota, % (p = 0.05)

Микобиота	Влияние фактора						$НСР_{0,5}$					
	А	В	С	АВ	АС	ВС	А	В	С	АВ	АС	ВС
Присутствие выделенных родов от общей численности родов, %, в том числе	9,76	2,37	7,71	39,06	0	0	3,58	3,58	4,38	5,06	6,19	6,19
дрожжи	29,45	1,64	12,70	0	1,13	14,31	2,89	2,89	3,54	4,09	5,01	5,01
дрожжеподобные грибы	36,72	22,36	0	12,33	0	15,88	2,22	2,22	2,72	3,14	3,85	3,85
мицелиальные грибы	0	3,60	15,25	21,61	0,78	0	3,65	3,65	4,47	5,16	6,32	6,32

Примечание: фактор «А» – сорт ягод крыжовника; фактор «В» – температура хранения; фактор «С» – срок хранения.

Note: factor A – variety; factor B – storage temperature; factor C – storage time.

Таблица 7. Значимость факторов, влияющих на родовую структуру микобиоты ягод крыжовника, % (p = 0,05)

Table 7. Factors that affect generic structure of gooseberry mycobiota, % (p = 0.05)

Рода	Влияние фактора						$НСР_{0,5}$					
	A	B	C	AB	AC	BC	A	B	C	AB	AC	BC
Aspergillus	0	0	60,92	0	32,32	0	3,38	3,38	4,14	4,78	5,85	5,85
Mucor	0	0	34,06	18,88	16,73	10,79	1,94	1,94	2,38	2,74	3,36	3,36
Penicillium	39,84	0,51	20,09	2,61	33,22	0	2,45	2,45	3,00	3,46	4,24	4,24
Rhizopus	5,88	0	14,18	0	58,41	0	1,45	1,45	1,77	2,05	2,51	2,51
Fusarium	30,45	1,84	5,62	3,67	11,25	0	2,58	2,58	3,16	3,64	4,46	4,46
Alternaria	0	0	2,60	0	70,91	2,12	1,80	1,80	2,20	2,54	3,11	3,11
Aureobasidium	13,95	4,25	3,26	1,57	14,51	54,17	0,77	0,77	0,94	1,09	1,33	1,33
Cladosporium	57,33	0	15,80	1,67	23,09	0	1,41	1,41	1,72	1,99	2,44	2,44
Cryptococcus	17,75	0	1,87	0	4,66	0	1,47	1,47	1,80	2,08	2,55	2,55
Анаэробные дрожжи	0	0	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	7,45	7,45	28,10	2,11	20,32	19,19	14,90	14,90	18,25	21,08	25,81	25,81

Примечание: фактор «А» – сорт ягод крыжовника; фактор «В» – температура хранения; фактор «С» – срок хранения.

Note: factor A – variety; factor B – storage temperature; factor C – storage time.

существенно влиял фактор «А» (сорт): дрожжеподобные грибы рода *Cladosporium* (57,33 %), мицелиальные грибы родов *Penicillium* (39,84 %) и *Fusarium* (30,45 %); фактор «С» (срок хранения) – мицелиальные грибы родов *Aspergillus* (60,92 %), *Mucor* (34,06 %) и *Penicillium* (20,09 %). Взаимодействие факторов «АС» (сорта и срока хранения) существенно влияло на количество выявленных родов грибов микобиоты ягод крыжовника – дрожжеподобной группы родов *Alternaria* (70,91 %) и *Cladosporium* (23,09 %), мицелиальной группы родов *Rhizopus* (58,41 %), *Penicillium* (33,22 %) и *Aspergillus* (32,32 %). Только на дрожжеподобные грибы рода *Aureobasidium* микобиоты ягод крыжовника значительно влияло взаимодействие факторов «ВС» (54,17 %). Факторы «А» и «С», взаимодействие факторов «АС» и «ВС» на численность других выявленных родов грибов микобиоты ягод крыжовника оказывали минимальное влияние. Фактор «В» (температура хранения), как и взаимодействие факторов «АВ» (сорта и температуры хранения), практически не влияли на численность выявленных родов грибных сообществ микобиоты ягод крыжовника.

Корреляционный анализ показал тесную связь между увеличением численности родов грибов микобиоты сорта Сенатор с продолжительностью хранения (r = 0,90, P = 0,95 %), среднюю – с температурой хранения (r = 0,30, P = 0,95 %). В микобиоте сорта Розовый 2 выявили тесную связь между количеством выделенных родов грибов с длительностью хранения (r = 0,9, P = 0,95 %), слабую – с температурой хранения (r = 0,30, P = 0,95 %).

Выводы

В составе микобиоты ягод крыжовника сорта Сенатор идентифицировали 10 родов грибов, Розовый 2 – 9. В составе микобиоты ягод крыжовника выявили гифомицеты семейства *Dematiaceae* родов *Cladosporium*, *Aureobasidium* и *Alternaria*. Из мукоровых идентифицировали изоляты рода *Mucor*, обнаружили присутствие эдафитных грибов рода *Penicillium* и дрожжей рода *Cryptococcus*, а также анаэробных дрожжей. По частоте встречаемости доминировали в составе микобиоты ягод сорта Сенатор представители родов *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Fusarium*, Розовый 2 – *Mucor*, *Penicillium* и *Cryptococcus*. В составе микобиоты ягод крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2 не выявили аскомицетов (несовершенные грибы).

В результате проведенных исследований установлено, что ягоды крыжовника характеризовались различием состава микро- и микобиоты, зависящие от множества факторов. Наибольшее влияние на изменение состава микробиоты ягод крыжовника оказывала продолжительность хранения, а минимальное сорт и температура хранения.

Установлено, что в процессе хранения на развитие дрожжей и дрожжеподобных грибов влиял сорт ягод, на развитие мицелиальных грибов – сорт и температуры хранения. На численность грибов родов *Cladosporium*, *Penicillium* и *Fusarium* существенно влиял сорт, на *Aspergillus*, *Mucor* и *Penicillium* – срок хранения, на *Alternaria*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Penicillium* и *Aspergillus* – сорт и срок хранения, на *Aureobasidium* – температура и срок хранения.

Данное исследование расширяет объем научных знаний о составе микобиоты ягод крыжовника вида *Ribes uva-crispa* L., а также его изменениях в процессе хранения, позволяет выбирать и использовать превентивные мероприятия для предотвращения порчи продукции и потенциального риска для потребителей. Полученные в рамках работы данные следует учитывать при последующих исследованиях, направленных на изучение состава микобиоты ягод крыжовника,

в зависимости от других факторов (вида и типы упаковки, влажности, помологических сортов, стадий зрелости и пр.), которые влияют на определение оптимальных условий хранения и сроков годности ягод, предназначенных для промышленной переработки и реализации в торговой розничной сети.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Akimov MYu. New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry. Problems of Nutrition. 2020;89(4):244–254. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10057; https://www.elibrary.ru/ZDWZMY

2. Newman G. Fruit and vegetables: Prevention and cure? In: Short E, editor. A prescription for healthy living. A guide to lifestyle medicine. Academic Press; 2021. pp. 243–253. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821573-9.00022-9

3. Yahia EM, Fonseca JM, Kitinoja L. Postharvest losses and waste. In: Yahia EM, editor. Postharvest technology of perishable horticultural commodities. Woodhead Publishing; 2019. pp. 43–69. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813276-0.00002-X

4. Sedova IB, Chalyy ZA, Efimochkina NR, Sokolov IE, Koltsov VA, Zhidekhina TV, *et al.* Mycotoxin contamination of fresh berries and fruits marketed in the central region of Russia. Health Risk Analysis. 2022;(4):87–99. (In Russ.). https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.4.08; https://www.elibrary.ru/TBZOVR

5. Ngolong Ngea GL, Qian X, Yang Q, Dhanasekaran S, Ianiri G, Ballester A-R, *et al.* Securing fruit production: Opportunities from the elucidation of the molecular mechanisms of postharvest fungal infections. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2021;20(3):2508–2533. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12729

6. Zhang H, Boateng NAS, Ngolong Ngea GL, Shi Y, Lin H, Yang Q, *et al.* Unravelling the fruit microbiome: The key for developing effective biological control strategies for postharvest diseases. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2021;20(5):4906–4930. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12783

7. Balali GI, Yar DD, Dela VGA, Adjei-Kusi P. Microbial contamination, an increasing threat to the consumption of fresh fruits and vegetables in today's world. International Journal of Microbiology. 2020;2020:3029295. https://doi.org/10.1155/2020/3029295

8. Mendes RJ, Sario S, Luz JP, Tassi N, Teixeira C, Gomes P, *et al.* Evaluation of three antimicrobial peptides mixtures to control the phytopathogen responsible for fire blight disease. Plants. 2021;10(12):2637. https://doi.org/10.3390/plants10122637

9. Çağlayan K, Roumi V, Gazel M, Elçi E, Acioğlu M, Mavric Plesko I, *et al.* Identification and characterization of a novel *Robigovirus* species from sweet cherry in Turkey. Pathogens. 2019;8(2):57. https://doi.org/10.3390/pathogens8020057

10. Razo Sh, Panferov VG, Safenkova IV, Drenova NV, Varitsev YuA, Zherdev AV, *et al.* Development of an immunochromatographic test system with nanozyme amplification for detecting the phytopathogen *Erwinia amylovora*. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2022;36(1):34–39. (In Russ.). https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_1_34; https://www.elibrary.ru/JHIGCR

11. Oliveira M, Rodrigues CM, Teixeira P. Microbiological quality of raw berries and their products: A focus on foodborne pathogens. Heliyon, 2019;5(12):e02992. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02992

12. Gomzhina MM, Gasich EL, Gagkaeva TYu, Gannibal PhB. Biodiversity of fungi inhabiting blueberry growing in North-West Russia and Finland. Mycology and Phytopathology. 2021;55(5):353–370. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S0026364821050056; https://www.elibrary.ru/NMBBZV

13. Bano A, Gupta A, Prusty MR, Kumar M. Elicitation of fruit fungi infection and its protective response to improve the postharvest quality of fruits. Stresses. 2023;3(1):231–255. https://doi.org/10.3390/stresses3010018

14. Petrasch S, Silva CJ, Mesquida-Pesci SD, Gallegos K, van den Abeele C, Papin V, *et al.* Infection strategies deployed by *Botrytis cinerea*, *Fusarium acuminatum*, and *Rhizopus stolonifer* as a function of tomato fruit ripening stage. Frontiers in Plant Science. 2019;10:223. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00223

15. Kłapeć T, Wócik-Fatla A, Farian E, Kowalczyk K, Cholewa G, Cholewa A, *et al.* Mycobiota of berry fruits – levels of filamentous fungi and mycotoxins, composition of fungi, and analysis of potential health risk for consumers. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 2022;29(1):28–37. https://doi.org/10.26444/aaem/147297

16. Ráduly Z, Szabó L, Madar A, Pócsi I, Csernoch L. Toxicological and medical aspects of *Aspergillus*-derived mycotoxins entering the feed and food chain. Frontiers in Microbiology. 2020;10:2908. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02908

17. Wu Y, Yin C, Huang R, He M, Duan X, Jiang Y, *et al.* Enhanced resistance in "shatang" mandarin fruit against *Penicillium italicum* caused by 2-methoxy-1, 4-naphthoquinone. Physiological and Molecular Plant Pathology. 2022;119:101828. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2022.101828

18. Aitymbet Zh, Urmanov GA, Sypabekkyzy G, Rakhimova EV. Species composition of the mycobiota of the Sievers apple tree (*Malus sieversii* (Ledeb) M. Roem.) in Kazakhstan. Problems of Botany of South Siberia and Mongolia. 2021; (20–1):17–22. (In Russ.). https://doi.org/10.14258/pbssm.2021003; https://www.elibrary.ru/QAALRA

19. Vybornova MV, Polunina TS, Lavrinova VA. Micobiota of currant berries. Proceedings of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking. 2020;29:122–126. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-122-126; https://www.elibrary.ru/FYWMIE

20. Gómez-Albarrán C, Melguizo C, Patiño B, Vázquez C, Gil-Serna J. Diversity of mycobiota in spanish grape berries and selection of *Hanseniaspora uvarum* U1 to prevent mycotoxin contamination. Toxins. 2021;13(9):649. https://doi.org/10.3390/toxins13090649

21. Zhidekhina TV, Lavrinova VA, Polunina TS. Mycological profiling of raspberry cultivars in storage. Horticulture and Viticulture. 2020;(6):40–45. (In Russ.). https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-6-40-45; https://www.elibrary.ru/LFIYKW

22. Rodrigues P, Driss JO, Gomes-Laranjo J, Sampaio A. Impact of cultivar, processing and storage on the mycobiota of European chestnut fruits. Agriculture. 2022;12(11):1930. https://doi.org/10.3390/agriculture12111930

23. Hussein MA, El-Said AHM, Yassein AS. Mycobiota associated with strawberry fruits, their mycotoxin potential and pectinase activity. Mycology. 2020;11(2):158–166. https://doi.org/10.1080/21501203.2020.1759719

24. Quaglia M, Santinelli M, Sulyok M, Onofri A, Covarelli L, Beccari G. *Aspergillus*, *Penicillium* and *Cladosporium* species associated with dried date fruits collected in the Perugia (Umbria, Central Italy) market. International Journal of Food Microbiology. 2020;322:108585. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108585

25. Akimov MYu, Bessonov VV, Kodentsova VM, Eller KI, Vrzhesinskaya OA, Beketova NA, *et al.* Biological value of fruits and berries of Russian production. Problems of Nutrition. 2020;89(4):220–232. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055; https://www.elibrary.ru/UOAQLM

26. Erbil N, Murathan Z, Arslan M, İlçim A. Comparison of some biochemical content and biological activities of gooseberry (*Ribes uva-crispa* L.) and alpine currant (*Ribes alpinum* L.). Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2021;18(2):197–203. (In Turkish). https://doi.org/10.25308/aduziraat.907968

27. Orsavová O, Hlaváčová I, Mlček J, Snopek L, Mišurcová L. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes* L.) and gooseberry (*Ribes uva-crispa* L.) fruits. Food Chemistry. 2019; 284:323–333. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.072

28. Maslov AV, Mingaleeva ZSh, Yamashev TA, Shibaeva NF. Effect of a complex plant additive on flour mixes and wheat dough. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(3):511–525. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2385; https://www.elibrary.ru/UBJCWH

29. Motovilova NV, Davydenko NI, Golub OV, Chekryga GP, Motovilov OK. The qualitative qualitative characteristics of pastille based on gooseberry puree. Technology and Merchandising of the Innovative Foodstuff. 2022;74(3):93–99. (In Russ.). [Качественные характеристики пастилы на основе пюре из крыжовника / Н. В. Мотовилова [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. Т. 74. № 3. С. 93–99.]. https://www.elibrary.ru/VEOGXN

30. Limonnikova SG, Velichko NA. Development of new types of preserves with gooseberry sauce. Bulletin of KSAU. 2021;169(4):127–132. (In Russ.). https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-4-127-132; https://www.elibrary.ru/ULIKHT

31. Magomedov RK. Disinfection of berries. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2021;92:148–152. (In Russ.). https://doi.org/10.21515/1999-1703-91-148-152; https://www.elibrary.ru/QULTGQ

32. Prosekov AYu, Golubtsova YuV. Diagnosis of fruit and berry raw materials using DNA-test systems. Storage and Processing of Farm Products. 2019;(1):98–105. (In Russ.). [Просеков А. Ю., Голубцова Ю. В. Диагностика плодово-ягодного сырья с помощью ДНК-тест-систем // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 98–105.]. https://www.elibrary.ru/IZBXLS

33. Panstruga R, Kuhn H. Mutual interplay between phytopathogenic powdery mildew fungi and other microorganisms. Molecular Plant Pathology. 2018;20(4):463–470. https://doi.org/10.1111/mpp.12771

34. Bilay VI, Koval′ EhZ. Aspergillus. Kiev: Naukova dumka; 1988. 204 p. (In Russ.). [Билай В. И., Коваль Э. З. Аспергиллы. К.: Наукова думка, 1988. 204 с.].

35. Egorova LN. Soil fungi of the Far East: Hyphomycytes. Leningrad: Nauka; 1986. 191 p. (In Russ.). [Егорова Л. Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: Гифомициты. Л.: Наука, 1986. 191 с.].

36. Pidoplichko NM. Penicillin: keys to identify species. Kiev: Naukova dumka; 1972. 150 p. (In Russ.). [Пидопличко Н. М. Пенициллин: (ключи для определения видов). К.: Наукова думка, 1972. 150 с.].

37. Satton D, Fotergill A, Rinal′di M. Determining pathogenic and opportunistic pathogenic fungi. Moscow: Mir; 2001. 468 p. (In Russ.). [Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 468 с.].

38. Bilay VI. Methods of experimental mycology. Kiev: Naukova dumka; 1982. 550 p. (In Russ.). [Билай В. И. Методы экспериментальной микологии. К.: Наукова думка, 1982. 550 с.].

39. Mirchink TG, Ozerskaya SM, Marfenina OE. Identifying complexes of microscopic soil fungi by their structure. Biological Sciences. 1982;(1):61–69. (In Russ.). [Мирчинк Т. Г., Озерская С. М., Марфенина О. Е. Выявление комплексов микроскопических почвенных грибов по их структуре // Биологические науки. 1982. № 1. С. 61–69.].

40. Chekryga GP, Motovilov KYa. Mycobiota of bee products. Mycology and Phytopathology. 2011;45(2):158–163. (In Russ.). [Чекрыга Г. П., Мотовилов К. Я. Микобиота продуктов пчеловодства // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. № 2. С. 158–163.]. https://www.elibrary.ru/NWYLCR

41. Sorokin OD. Applied Statistics on a Computer. Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKHN; 2004. 162 p. (In Russ.). [Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.].