

УДК 664.143

Обоснование дополнительных требований к воздуху рабочих зон для повышения сохранности мучных кондитерских изделий

¹ ВНИИП – филиал ФГБНУ
«ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН

О. С. Руденко¹, А. Е. Баженова¹, Н. Б. Кондратьев¹, Н. А. Щербакова¹,
М. А. Пестерев¹

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Руденко Оксана Сергеевна
Адрес: 107023, город Москва,
Электровзводская ул., д. 20, стр. 3
E-mail: oxana0910@mail.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования
доступны по запросу
у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Руденко О. С., Баженова А. Е.,
Кондратьев Н. Б., Щербакова Н. А.,
& Пестерев М. А. (2022). Обоснование
дополнительных требований
к воздуху рабочих зон для повышения
сохранности мучных кондитерских
изделий. *Хранение и переработка
сельхозсырья*, (2), 132 - 146.
[https://doi.org/10.36107/10.36107/
spfp.2022.334](https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.334)

ПОСТУПИЛА: 27.05.2022

ПРИНЯТА: 25.06.2022

ОПУБЛИКОВАНА: 30.06.2022

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение. Кондитерские изделия являются крупнейшей макрокатегорией в корзине российского потребителя. Популярность мучных кондитерских изделий подтверждается тем, что в настоящее время открываются цеха их производства представителями большинства крупных торговых сетей. Проблемы микробиологической порчи ставят перед предприятиями кондитерской отрасли задачи повышения сохранности изделий. Для предотвращения преждевременной порчи продукции контроль загрязнённости воздуха рабочей среды внутри производственных помещений так же важен, как и микробиологический анализ сырья и образцов готовой продукции. При этом особенно важно определить критические точки для проведения контроля чистоты и микробиологической обсеменённости воздуха рабочих зон. В настоящее время для кондитерских производств отсутствуют рекомендации по контрольным точкам и требованиям к чистоте воздуха рабочих зон. Установление их особенно важно для цехов по производству мучных кондитерских изделий с высокой и промежуточной влажностью.

Цель. Целью данной работы является обоснование дополнительных требований к воздуху рабочих зон на основе результатов исследований микробиологических параметров воздушной среды для обеспечения сохранности мучных кондитерских изделий.

Материалы и методы. Объекты исследования — мучные кондитерские изделия с массовой долей влаги 20 %, кекс и ромовая баба, сырьё и полуфабрикаты, образцы воздуха рабочих зон в цехе по производству мучных кондитерских изделий. Пробы воздуха отбирали с помощью микробиологического пробоотборника ActiveCount 100. Исследовали массовую долю влаги, активность воды образцов мучных кондитерских изделий и микробиологические показатели мучных кондитерских изделий, сырья, полуфабрикатов и проб воздуха стандартными методами.

Результаты. На основе анализа технологической линии производства обоснованы критические точки возможного микробиологического загрязнения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Установлено, что микробиологические показатели образцов воздуха в рабочей зоне воздуха отличались по качественному и количественному составу в зависимости от места забора проб. Воздух после охлаждения содержит значительное количество плесеней, что, видимо, связано с человеческим фактором. Показано, что воздушная среда в зоне упаковки соответствует классу D по требованиям GMP ЕС к микробиологическим загрязнениям. Низкие показатели микробиологической обсеменённости в этой зоне способствовали низкому риску микробиологической порчи, в процессе хранения кексов и ромовой бабы. После 1 месяца хранения образцов мучных кондитерских изделий содержание микроорганизмов не превышало требований ТР ТС 021. Для обеспечения сохранности мучных кондитерских изделий рекомендовано достижение уровня загрязнённости воздушной среды не более 200 КОЕ/м³, что соответствует классу D по GMP ЕС.

Выводы. Полученные результаты позволяют определить рабочие зоны производства изделий, и дополнительный показатель микробиологической загрязнённости воздушной среды, уровень которого должен быть не выше 200 КОЕ/м³. Данные факторы оказывают наиболее негативное влияние на микробиологические показатели для мучных кондитерских изделий с высокой и промежуточной влажностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

мучные кондитерские изделия, кекс, ромовая баба, «чистые помещения», воздух рабочей зоны, микробиологическая обсеменённость

Substantiation of Additional Requirements for the Air of Working Areas to Improve the Safety of Flour Confectionery

¹ VNIKP – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbатов" RAS

Oksana S. Rudenko¹, Alla E. Bazhenova¹, Nikolay B. Kondratiev¹, Natalya A. Shcherbakova¹, Mikhail A. Pesterev¹

CORRESPONDENCE:

Oksana S. Rudenko

20, Elektrozavodskaya st., 20, building 3,
Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: oxana0910@mail.ru

FOR CITATIONS:

Rudenko O. S., Bazhenova A. E., Kondratyev N. B., Shcherbakova N. A., & Pesterev M. A. (2022). Substantiation of additional requirements for the air of working areas to improve the safety of flour confectionery products. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 132 - 146. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.334>

RECEIVED: 27.05.2022

ACCEPTED: 25.06.2022

PUBLISHED: 30.06.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background. Confectionery is the largest macro-category in the basket of the Russian consumer. The popularity of flour confectionery products is confirmed by the fact that at present shops for their production are being opened by representatives of most large retail chains. The problems of microbiological spoilage put before the enterprises of the confectionery industry the task of increasing the safety of products. To prevent premature spoilage of products, the control of air pollution in the working environment inside production facilities is just as important as the microbiological analysis of raw materials and samples of finished products. At the same time, it is especially important to determine the critical points for monitoring the purity and microbiological contamination of the air in working areas. Currently, there are no recommendations for control points and requirements for air purity in working areas for confectionery industries. Their establishment is especially important for shops for the production of flour confectionery products with high and intermediate humidity.

Purpose. The purpose of this work is to substantiate additional requirements for the air of working areas based on the results of studies of the microbiological parameters of the air environment to ensure the safety of flour confectionery products.

Materials and Methods. The objects of study are flour confectionery products with a mass fraction of moisture of 20%, cake and rum woman, raw materials and semi-finished products, air samples from working areas in the shop for the production of flour confectionery products. Air samples were taken using an ActiveCount 100 microbiological sampler. The mass fraction of moisture, water activity of flour confectionery samples and microbiological parameters of flour confectionery products, raw materials, semi-finished products and air samples were studied by standard methods.

Results. Based on the analysis of the technological production line, the critical points of possible microbiological contamination of raw materials, semi-finished products and finished products are substantiated. It was established that the microbiological parameters of air samples in the working air zone differed in qualitative and quantitative composition depending on the place of sampling. The air after cooling contains a significant amount of mold, which is apparently due to the human factor. It is shown that the air environment in the packaging area corresponds to class D according to the GMP EC requirements for microbiological contamination. The low levels of microbiological contamination in this zone contributed to the low risk of microbiological spoilage during the storage of cakes and rum baba. After 1 month of storage of samples of flour confectionery products, the content of microorganisms did not exceed the requirements of TR TS 021. To ensure the safety of flour confectionery products, it is recommended to achieve an air pollution level of no more than 200 CFU/m³, which corresponds to class D according to GMP EC.

Conclusions. The results obtained make it possible to determine the working areas for the production of products, and an additional indicator of microbiological contamination of the air, the level of which should not exceed 200 CFU/m³. These factors have the most negative impact on microbiological parameters for flour confectionery products with high and intermediate moisture content.

KEYWORDS

flour confectionery, cake, rum baba, "clean rooms", working area air, microbiological contamination

ВВЕДЕНИЕ

Ко всей выпускаемой на территории Российской Федерации пищевой продукции, включая кондитерскую, предъявляются требования по гарантированию заданных значений показателей качества и безопасности в течение всего их жизненного цикла. Производитель несёт ответственность за осуществление контроля соответствия выпускаемой продукции установленным требованиям. Контроль качества осуществляется на стадиях разработки, производства, транспортировки и хранения готовой продукции. Необходимо отметить, что при хранении продукции в определённых условиях возможно изменение заявленных характеристик. Проблемы микробиологической порчи ставят перед предприятиями кондитерской отрасли задачи повышения сохранности изделий.

Кондитерские изделия являются крупнейшей макрокатегорией в корзине российского потребителя. Кондитерский рынок за 2019–2020 годы продемонстрировал рост +5 % в натуральном выражении в сравнении с предыдущим годом. Все сегменты рынка демонстрировали рост или сохраняли стабильность. Мучные кондитерские изделия в структуре потребления кондитерских изделий в апреле 2019-го — марте 2020 года в натуральном выражении составляли 57 %. При этом, производство пряников, пирожных, печенья и кексов в небольших или одиночных упаковках становится особенно популярным направлением, поскольку потребители обращают внимание на продукцию с минимальной ценой. Установлено, что спрос на мучные кондитерские изделия с повышенным сроком годности (более 4–5 месяцев) увеличился во время пандемии коронавируса, что связано с длительной изоляцией в период локдауна и карантина¹. Популярность мучных кондитерских изделий подтверждается тем, что в настоящее время открываются цеха их производства представителями большинства крупных торговых сетей: Перекресток, Пятёрочка, входящие в X5 Retail Group, Ашан, Лента и другие. Выбор наиболее востребованных собственных брендов для производства такой продукции у покупателей обусловлен тем, что розничные операторы торговых сетей накопили значимый объём статистических данных о предпочтениях покупателей.

При этом рост доли СТМ (собственная торговая марка) в ряде категорий кондитерской продукции превышает 50 %². По информации отраслевого портала Unipack.Ru по итогам развития собственных торговых марок X5 Retail Group в 2020 году в торговой сети «Пятёрочка» доля частных брендов составила 17,4 %, в «Перекрестке» — 12,5 %. Поэтому кондитерские изделия входят в категорию лидеров по доле СТМ (Отраслевой портал – Unipack.Ru, 2021)³.

Поскольку кондитерские изделия являются многокомпонентными и могут содержать ингредиенты различного территориального происхождения, то гарантирование срока годности является одной из первостепенных задач отрасли. Заболевания, вызванные употреблением некачественной пищи, до сих пор являются очень распространенными. По данным ВОЗ, в мире 600 миллионов человек (примерно 1 из 10 человек, каждый 3-й из которых — ребенок) ежегодно подвергаются заболеваниям, связанным с пищевыми отравлениями. Поэтому, наиболее оптимальный способ обеспечить безопасность пищевых продуктов является подход, основанный на оценке рисков (Advancing Nutrition and Food Science, 2020).

Факторы порчи кондитерских изделий

Все пищевые продукты в процессе их хранения подвергаются воздействию окислительных, физических и микробиологических факторов порчи. Микробиологические изменения в процессе хранения характерны для изделий с высокой и промежуточной влажностью (с массовой долей влаги от 10–20 %) (Кондратьев, 2015). Одной из проблем мучной кондитерской продукции является плесневение в процессе хранения, вызываемое грибами *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и другими, причиной которого являются нарушения установленных условий хранения используемого сырья или технологических процессов производства (Петручик & Лемешевский, 2016). Микробиологическое загрязнение, в том числе спорообразующими микроорганизмами и плеснями, возможно непосредственно в процессе производства и при охлаждении про-

¹ Обзор российского рынка кондитерских изделий и снеков. 2019–2020. <https://foodmarket.spb.ru/archive/2020/992/3661/>

² Производство мучных кондитерских изделий в России. 2020 — июнь 2021. <https://foodmarket.spb.ru/archive/2021/997/3747/>

³ Пятёрочка и Перекрёсток нарастили долю СТМ. (2021). <https://news.unipack.ru/83650/>

дукции после выпечки. Типичными представителями часто обнаруживаемых плесеней являются грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* и другие. Для мучных кондитерских изделий при хранении характерны процессы ретроградации крахмала, сопровождающиеся увеличением количества свободной влаги (Pareyt & Delcour, 2008). Ранее установлено, что микробиологическая обсемененность сырья оказывает значительное влияние на дальнейшую обсемененность готового изделия (Руденко и др., 2019).

Микробиологический контроль пищевой продукции и воздушной среды

Для предотвращения уменьшения порчи продукции контроль загрязнённости воздуха рабочей среды внутри производственных помещений так же важен, как и микробиологический анализ сырья и образцов готовой продукции. Источником таких микроорганизмов могут быть люди, пищевые производства при этом обладают благоприятными для развития таких микроорганизмов условиями, такими как влажность и оптимальная для жизнедеятельности бактерий, дрожжей и плесеней, а также вирусов температура.

Поскольку микроорганизмы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе, в воздухе рабочей зоны могут оседать на поверхности готового изделия, что особенно критично в зонах охлаждения и упаковки (Полякова, 2015; Devinny et al., 2017). Используемые в помещениях покрытия, в том числе полимерные материалы, часто обладают высокой электризуемостью, что провоцирует осаждение пылевых частиц и накопление микроорганизмов. Бактерии и вирусы способны длительное время сохранять контагиозность на различных поверхностях. Споры плесневых грибов и бактерий могут существовать на различных поверхностях в течение нескольких месяцев. Микроорганизмы часто переносятся при прикосновении к твердым непористым поверхностям, например, ламинированным покрытиям или нержавеющей стали. (Rakitin et al., 2022; Ionin et al., 2021). Таким образом, исследование микробиологических параметров воздушной среды в помещении является одним из важнейших направлений при проведении оценки качества производства и для прогнозирования сохранности продукции.

Содержание вредных веществ в воздушной среде рабочей зоны производственных помещений регламентируется ГОСТ 12.1.005-88⁴, при этом требования к содержанию микроорганизмов в них отсутствуют. Для контроля загрязнения воздуха и, при необходимости, поверхностей, а также поддержания уровня загрязнения не выше допустимого для чувствительных к нему процессов, введены понятия «чистого помещения» и «контролируемой среды». Требования к чистоте воздуха классифицируются стандартом ISO 14644-1-2017⁵, разработанным Международной Организацией Стандартизации, что позволяет обеспечить условия для производства продуктов и выполнения сложных технологических процессов, требующих отсутствия в воздушной среде загрязнений, либо защиты от них (ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017⁶). К таким продуктам и процессам относятся фармацевтические, пищевые и микроэлектронные производства.

Чистым называют помещение, в котором генерация, поступление и накопление пылевых частиц сведены к минимуму, что достигается как за счёт контроля, при необходимости, таких параметров как влажность, давление и температура воздуха, так и за счёт комплекса санитарных мер (Уайт, 2008).

Примером могут служить помещения в фармацевтической промышленности, где недопустимо попадание в лекарства микроорганизмов, поэтому производство жестко регламентируется и должно соответствовать «Правилам надлежащего производства» (Good Manufacturing Practice — GMP). Правила GMP имеют международный характер и в России введены в действие приказом № 916 Минпромторга РФ от 14 июня 2013 г.⁷ А так же таким образом могут служить производства, выпускающие готовые наборы питания для пассажиров авиалиний; сыродельческие производства в Швейцарии и Америке, хлебопекарные заводы в Финляндии. Защита продукции от попадания ми-

⁴ ГОСТ 12.1.005-88. (2008). Система стандартов безопасности труда. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017. (2019). Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц. М.: Стандартинформ.

⁶ Там же.

⁷ Приказ Минпромторга России № 916. (2015). Об утверждении правил надлежащей производственной практики. <https://base.garant.ru/70451198/>

кроорганизмов путем внедрения на производстве чистых производственных помещений позволило увеличить сроки хранения готовых изделий без дополнительного применения консервантов.

Для производства изделий, не подтвержденных загрязнению, обязательным условием является правильная эксплуатация чистого помещения (Сэндл, 2016). Необходимо контролировать состояние не только микробиологической загрязненности, но и количество аэрозольных частиц, являющихся носителями микроорганизмов.

Обоснование требований к чистоте воздуха рабочих зон

Загрязнение сырья и готового продукта может произойти на любой стадии производства, поэтому исследование микробиологических параметров воздушной среды по количественному и качественному составу в рабочей зоне производства мучных кондитерских изделий является актуальной задачей. Контроль микробиологической загрязненности в чистом помещении является обязательным, при этом обычно берут пробы с поверхностей, пробы воздуха, а также производят отбор микробиологических проб у персонала^{8,9}. Для пищевых производств важно определить критические контрольные точки для проведения контроля чистоты и микробиологической обсемененности воздуха рабочих зон, которые оказывают критическое влияние на сроки годности готовой продукции.

В настоящее время для кондитерских производств отсутствуют рекомендации по контрольным точкам и требованиям к чистоте воздуха рабочих зон. Поэтому их установление особенно важно для цехов по производству мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью.

Для обеспечения соответствия установленным нормам чистых помещений используют процесс дезинфекции с целью уменьшения популяции микроорганизмов, присутствующих в вегетативной форме

и применяют спороцидные средства для ликвидации спор бактерий и грибов (Берестина & Бахвалов, 2020; Сэндл, 2011). Наиболее востребованными и безопасными являются дезинфицирующие средства с хлорактивными соединениями, четвертично аммонийными соединениями, перекисью водорода, надуксусной кислотой (Юшина и др., 2022). Для выбора максимально эффективного дезинфицирующего средства целесообразно определить видовой состав загрязняющей микрофлоры, что позволяет скорректировать перечень возможных к применению дезинфицирующих средств. Грамположительные кокки (*Micrococcus* spp., *Staphylococcus* spp.), являющиеся представителями нормальной микрофлоры человека, количественно преобладают в исследуемой группе чистых помещений. Для их уничтожения требуется лишь использовать дезинфицирующее средство, которое показывает высокую эффективность против бактерий в вегетативной форме (Стейнхауэр, 2013).

Целью данной работы является обоснование дополнительных требований к воздуху рабочих зон на основе результатов исследований микробиологических параметров воздушной среды для обеспечения сохранности мучных кондитерских изделий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты

Объекты исследования – мучные кондитерские изделия (МКИ), состоящие из одного и двух полуфабрикатов — кекс и ромовая баба, сырье и полуфабрикаты: мука после просеивания, мука при сборе сыпучих компонентов, тесто после замеса, сироп для промочки.

Образцы воздуха рабочих зон в цехе по производству мучных кондитерских изделий.

Методы

Пробы воздуха отбирали с помощью микробиологического пробоотборника ActiveCount 100 производства компании Lighthouse Worldwide Solutions. Скорость отбора пробы 100 л/мин., длительность 1 минута.

⁸ Приказ Минпромторга России № 916. (2015). Об утверждении правил надлежащей производственной практики. <https://base.garant.ru/70451198/>

⁹ ГОСТ Р 52249-2009. (2009). Правила производства и контроля качества лекарственных средств. М.: Стандартинформ.

Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 33536-2015 «Изделия кондитерские. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов»¹⁰.

Содержание плесеней и дрожжей определено в соответствии с ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов»¹¹.

Массовая доля влаги определена по ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ»¹².

Исследование активности воды проведено по ГОСТ Р ИСО 21807 2015 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды»¹³ (AquaLab 3TE, США).

Процедура исследования

Образцы мучных кондитерских изделий, состоящие из одного и двух полуфабрикатов — кекс и ромовая баба, сырье и полуфабрикаты были отобраны в действующем цехе по производству мучных кондитерских изделий в соответствии с ГОСТ 5904-2019 «Изделия кондитерские. Правила приемки и методы отбора проб»¹⁴.

Исследование микробиологических показателей готовых изделий проводилось в день отбора проб и через один месяц хранения. Массовую долю влаги и активность воды измеряли в день отбора проб. Исследование микробиологических по-

казателей сырья и полуфабрикатов проводилось в день отбора проб.

Исследования воздуха рабочих зон в цехе по производству мучных кондитерских изделий проводили по содержанию дрожжей и плесеней (ДрП), и КМАФАнМ (КМ). Отбор проб воздуха осуществляли в выбранных точках на основных этапах производства, где может происходить микробиологическая обсемененность.

Анализ данных

С целью обеспечения достоверности полученных данных исследования физико-химических и микробиологических показателей образцов мучных кондитерских изделий и проб воздуха рабочих зон осуществляли в 3-кратной повторности. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием программы MSEXCEL 2010. Полученные результаты по микробиологической обсемененности воздуха рабочих зон сравнивали с требованиями GMP ЕС.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведен анализ критических точек проб воздуха по анализу рисков. Исследованы микробиологические анализы проб воздуха по показателям КМАФАнМ, дрожжи и плесени. Проведена общая оценка проб воздуха и сравнение микробиологической обсемененности воздуха рабочих зон с классом микробиологической загрязненности по нормам GMP ЕС и анализ микробиологических показателей мучных кондитерских изделий в процессе хранения. Для прогнозирования сохранности мучных кондитерских изделий и обоснования дополнительных требований к воздуху рабочих зон исследованы физико-химические и микробиологические показатели мучных кондитерских изделий, сырья и полуфабрикатов для их производства. Целью исследования было выявить критические точки микробиологической обсемененности воздуха рабочих зон и установить дополнительные показатели для уменьшения скорости процессов микробиологической порчи мучных кондитерских изделий.

¹⁰ ГОСТ 33536-2015. (2015). *Изделия кондитерские. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 10444.12-2013. (2014). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 5900-2014. (2019). *Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ*. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ Р ИСО 21807 2015. (2015). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 5904-2019. (2019). *Изделия кондитерские. Правила приемки и методы отбора проб*. М.: Стандартинформ.

Анализ физико-химических показателей кексов и ромовой бабы

Кексы и ромовую бабу можно отнести к изделиям с промежуточной влажностью, для которых характерны процессы как микробиологической, так и окислительной порчи^{15,16}. Анализ действующих рецептур показал, что для этих изделий характерны широкие диапазоны показателей химического состава (Таблица 1).

Таблица 1

Показатели химического состава кексов и ромовой бабы

Наименование изделия	Массовая доля, %		
	влаги	жира	общего сахара
Кекс	12–26	13–25	9–22
Ромовая баба	28–38	8–11	18–20

Проведены исследования физико-химических показателей, анализируемых образцов кексов и ромовой бабы, отобранных в цехе по производству мучных кондитерских изделий, по массовые доли влаги и активности воды (см. Таблица 2).

Таблица 3

Микробиологические показатели сырья, полуфабрикатов и готовых изделий

Наименование образца	Микробиологические показатели, КОЕ/г					
	КМАФАнМ		Плесени		Дрожжи	
	Экспериментально	Норма	Экспериментально	Норма	Экспериментально	Норма
Мука после просеивания	$3,0 \times 10^3$	Не норм	45	Не норм	20	Не норм
Мука при сборе сыпучих компонентов	$2,8 \times 10^3$	Не норм	40	Не норм	21	Не норм
Тесто после замеса	$3,1 \times 10^2$	Не норм	10	Не норм	68	Не норм
Сироп для промочки	2×10	Не норм	0	Не норм	10	Не норм
Кекс с изюмом	$2,0 \times 10$	5×10^3	1	100	0	50
Ромовая баба	$1,0 \times 10$	5×10^3	4	100	0	50

Таблица 2

Массовая доля влаги и активность воды МКИ

Образец	Массовая доля влаги, W, %	Активность воды, aw, %
Ромовая баба	37,1	0,911
Кекс	25,6	0,864

Высокие значения массовой доли влаги и активности воды 0,911 для ромовой бабы и 0,864 для кекса прогнозируют высокий риск микробиологической порчи. Поэтому необходимо обеспечить исходный низкий уровень микробиологической обсеменённости изделий.

Анализ микробиологических показателей образцов сырья, полуфабрикатов и готовых изделий

Известно, что плесневые грибы и дрожжи относятся к микробиологическим показателям, определяющим стабильность качественных показателей изделий при хранении, поэтому были проведены исследования микробиологических показателей образцов сырья, полуфабрикатов и готовых изделий (Таблица 3).

¹⁵ Ромовая баба (ТТК6996): Каталог ТТК Технолог. (2021). <https://tekhnolog.com/2021/04/12/romovaja-baba-ttk6996>

¹⁶ Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания: Справочник. (2017). СПб.: Троицкий мост.

В исследованных образцах муки содержание плесени не превышало 50 КОЕ/г, а в выпеченных изделиях — не превышало 5 КОЕ/г, что позволяет прогнозировать низкий риск микробиологической порчи. При использовании полуфабрикатов, не проходящих термообработку, повышается риск микробиологического загрязнения, что негативно сказывается на сохранности готового продукта.

Анализ рисков при производстве кексов и ромовой бабы и обоснование критических точек

Проведен анализ рисков при производстве исследуемых кондитерских изделий и определены критические точки рабочей зоны для отбора проб воздуха производства мучных кондитерских изделий, в которых существует наибольший риск скопления микроорганизмов. Хранение муки и сахара на складе осуществляется в мешках. Жиры хранят в коробах с внутренней полипропиленовой упаковкой. Растваривание и просеивание муки осуществляется в отдельном помещении для подготовки сырья к производству. Мука по-

даётся в цех по пневмотранспорту в промежуточный бункер, из которого отвешиваются порции на замес. Сахар взвешивается в производственные котлы и в производственной таре поступает на производство. Осуществляется сбор рецептурных компонентов в производственной таре на смену, далее замес теста в тестомесильной машине. Тесто загружается в бункер формующей машины и отсаживается в формы. Противни с формами вкладываются в вагонетки и подаются на выпечку в печи ротационного типа. После выпечки изделия охлаждаются на вагонетках в условиях цеха до температуры внутри изделия не выше 25 °С. Охлажденные изделия упаковывают в полипропиленовую пленку.

Выявлены основные этапы производства, где может происходить микробиологическая обсемененность. Местом отбора проб воздуха были выбраны точки, являющиеся наиболее критичными по изменению микробиологической обсеменённости: цех просеивания муки, мука после просеивания, замешивания рецептурных компонентов, замес теста, формование, охлаждение после выпечки, упаковка (Рисунок 1).

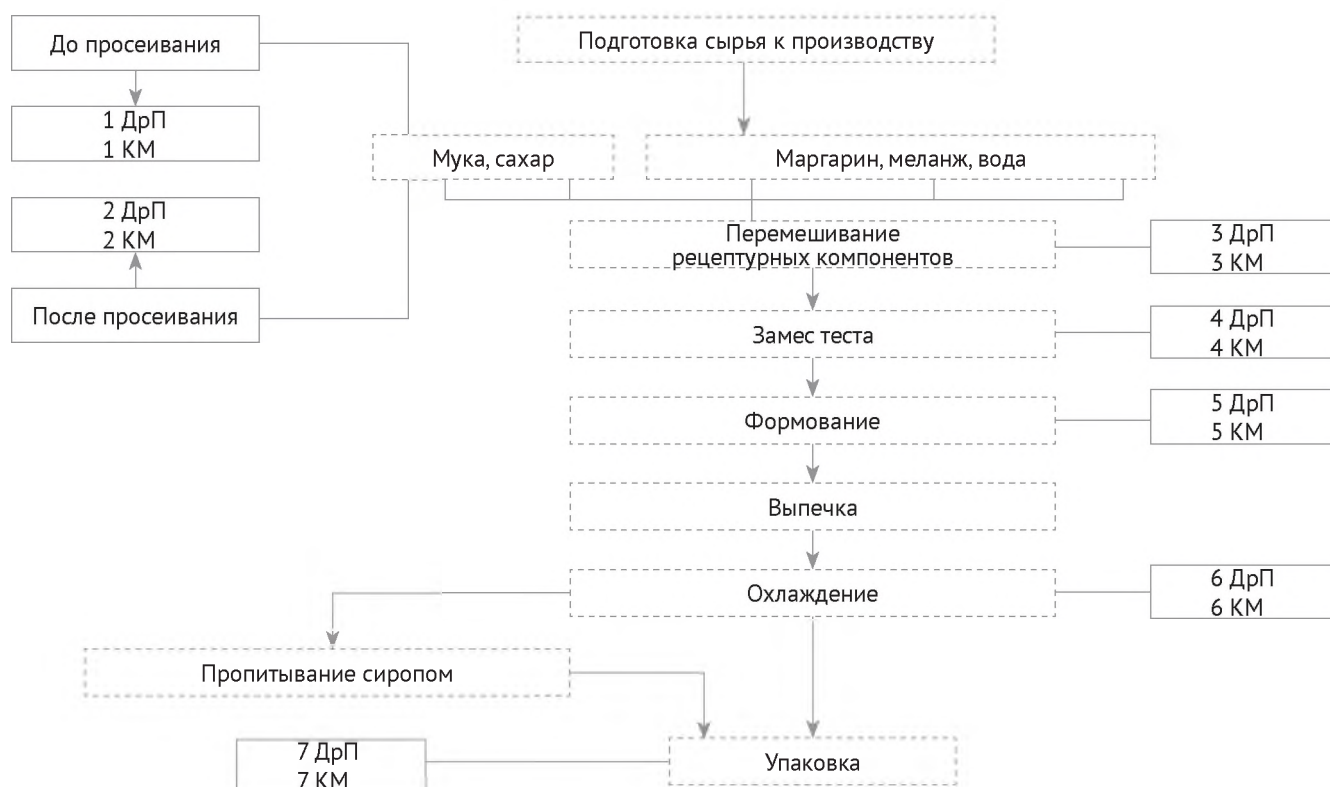


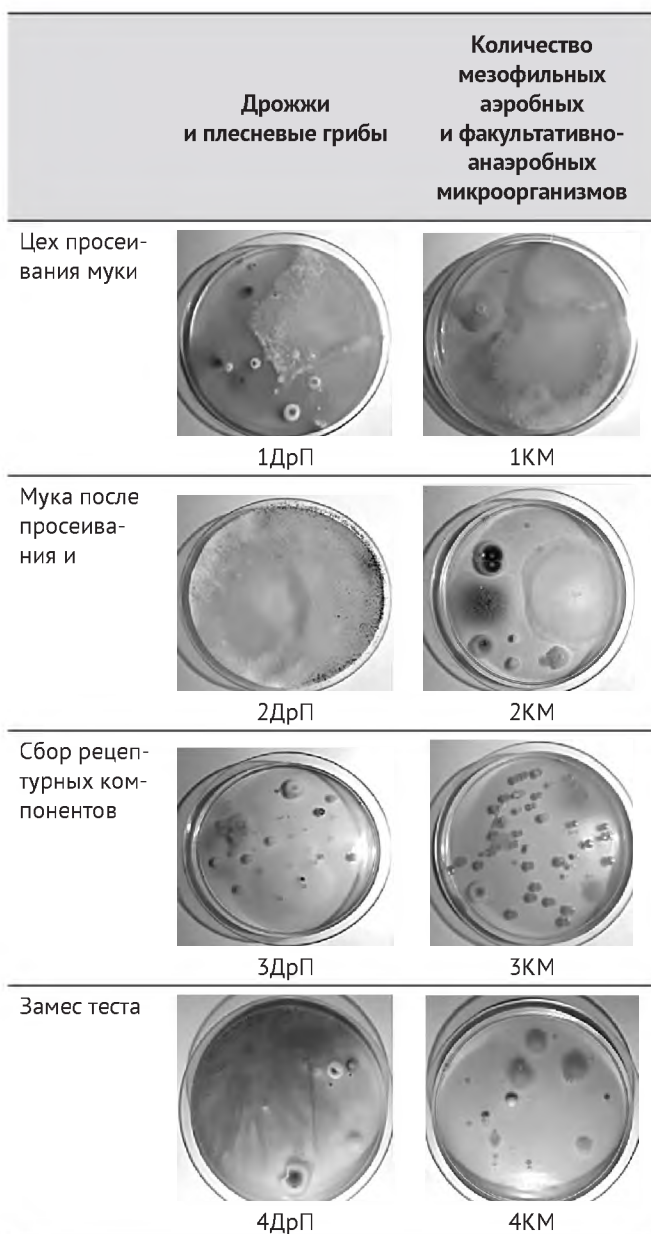
Рисунок 1

Общая технологическая схема производства кекса и ромовой бабы

Технологические линии производства кекса и ромовой бабы практически идентичны. Главное отличие — наличие этапа пропитки, для ромовой бабы.

Точками контроля воздуха на технологической линии были обоснованы:

- (1) Цех просеивания муки (1ДрП и 1КМ);
- (2) Мука после просеивания (2ДрП и 2КМ);
- (3) Перемешивание рецептурных компонентов (3ДрП и 3КМ);
- (4) Замес теста (4ДрП и 4КМ);
- (5) Формование ромовой бабы (5ДрП и 5КМ);
- (6) Охлаждение после выпечки (6ДрП и 6КМ).



Исследование микробиологических показателей проб воздуха

В установленных контрольных точках произведен отбор проб воздуха с помощью пробоотборника. Проведены исследования микробиологической обсемененности отобранных проб по показателям содержание КМАФАнМ, дрожжей и плесеней.

Визуальный контроль роста колоний КМАФАнМ через 72 часа культивирования на твердой питательной среде, дрожжей и плесеней через 48 часов культивирования на твердой питательной среде Сабуро представлен на Рисунке 2.

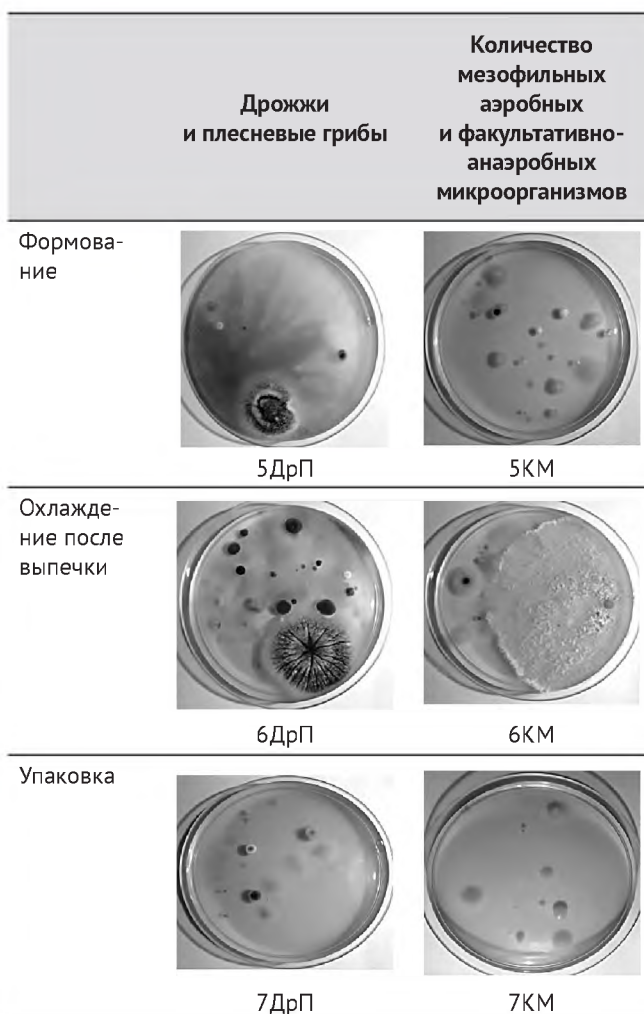


Рисунок 2

Фотографии чашек Петри после культивирования на твердой питательной среде дрожжей и плесеней колонии после 5 суток и КМАФАнМ после 3 суток

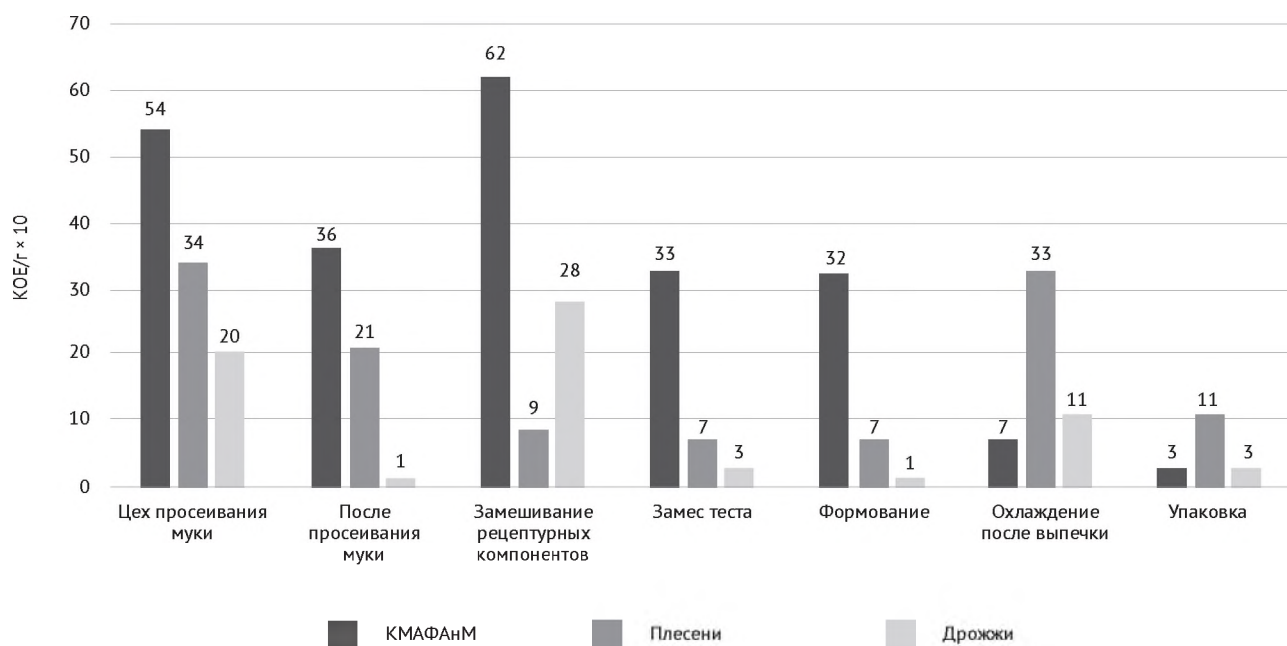


Рисунок 3

Микробиологические показатели воздуха по рабочим зонам

Детализация свойств микроорганизмов, выделенных из критических зон, необходима для проведения оптимальной процедуры очистки и дезинфекции, а также при определении источника загрязнения. Микрофлора образцов воздуха в рабочей зоне отличается по качественному и количественному составу. Установлено, что плесени в зоне просеивания муки представлены, в основном, *Aspergillus Nigger*. Дрожжи представлены в основном двумя видами. В зоне охлаждения после выпечки: наблюдался рост колоний следующего вида: пигментация розовая, форма колоний округлая, края ровные, структура однородная, поверхность гладкая выпуклая, блестящая, размер диаметра 2–4 мм. В зоне упаковки наблюдался рост колоний следующего вида: пигментация желтая, форма колоний округлая, края неровные, расплывчатые, поверхность гладкая, выпуклая, блестящая, структура однородная диаметром 2–5 мм. Общая оценка микробиологических показателей образцов воздуха в рабочей зоне линии производства кексов и ромовой бабы представлена на Рисунке 3.

В целом микробиологические показатели воздуха менялись в зависимости от места отбора проб. Воздух после охлаждения содержит более высокое количество плесеней, что, видимо, связано с человеческим фактором. Уровень содержания плесеней может повышаться из-за сложности

санитарной обстановки. Источником плесеней может являться инвентарь, санитарная одежда, присутствие ручных операций и место отбора проб воздуха. Более высокое содержание дрожжей выявлено в воздухе в месте смешивания рецептурных компонентов. Это, видимо, связано с санитарным состоянием оборудования, что вызвано сложностью и периодичностью его обработки. Заметное преобладание КМАФАнМ в зонах просеивания муки и при замешивании рецептурных компонентов, возможно, связано с распылом муки, переносом микроорганизмов частицами и человеческим фактором.

Оценка состояния микробиологической обсеменённости воздуха рабочих зон по нормам GMP

Наиболее критичными для микробиологической безопасности готовых изделий являются зоны после термообработки: воздух при охлаждении после выпечки и воздух при упаковке. Предложено оценить состояние микробиологической обсеменённости воздуха рабочих зон по нормам GMP (см. Таблица 5).

Сравнение с пределами микробиологического загрязнения по GMP EC показало, что классу D соот-

Таблица 5

Сравнение микробиологической обсеменённости воздуха рабочих зон с классом микробиологической загрязнённости по нормам GMP ЕС

№ п/п	Наименование точек забора воздуха	Общее количество, КОЕ	Норма КОЕ по GMP ЕС для класса D
1	В цехе просеивания муки	108 × 10	200
2	После просеивания муки	58 × 10	200
3	При замешивании рецептурных компонентов	99 × 10	200
4	При замесе теста	43 × 10	200
5	При формировании ромовой бабы	40 × 10	200
6	При охлаждении после выпечки	51 × 10	200
7	При упаковке	17 × 10	200

ветствует воздушная среда в зоне упаковки (общее количество кое 170, а в классе d не более 200).

Анализ микробиологических показателей кексов и ромовой бабы в процессе хранения

Низкие показатели микробиологической обсеменённости способствуют низкому риску микробиологической порчи в процессе хранения кексов и ромовой бабы, что подтверждается результатами исследований (Таблица 6).

После 1 месяца хранения содержание микроорганизмов не превышало требований ТР ТС 021.

На основании результатов проведенных исследований для обеспечения сохранности мучных кондитерских изделий рекомендовано достижение уровня загрязнённости воздушной среды, не выше 200 КОЕ/м³.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Требованием торговых сетей является необходимость увеличения срок годности кондитерских изделий для гарантирования их реализации. Одними из способов продления срока хранения являются использование консервантов, асептическая упаковка и применение газовой модифицированной среды. При этом важна микробиологическая чистота производства, поэтому контролируются микробиологические показатели сырья, воздуха помещений и поверхности оборудования. Это подтверждено исследованиями многих авторов (Полякова, 2015, Devanny et al., 2017, Руденко и др., 2019 и др.).

В настоящее время для производств мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью отсутствуют рекомендации по контрольным точкам и требованиям к чистоте воздуха рабочих зон, поэтому разработка рекомендаций по перечню контрольных точек и требований к чистоте возду-

Таблица 6

Микробиологические показатели в процессе хранения изделий

Наименование образца	Микробиологические показатели, КОЕ/г					
	КМАФАнМ		плесени		дрожжи	
	контроль	1 месяц	контроль	1 месяц	контроль	1 месяц
Кекс с изюмом	2	2,5 × 10	1	2	0	2
Ромовая баба	10	3,0 × 10	4	9	0	0

ха в них является актуальной задачей и особенно важно для цехов по производству мучных кондитерских изделий с высокой и промежуточной влажностью. Показатели качества, установленные в действующей технической документации, гарантируют безопасность кондитерских изделий, однако не всегда обеспечивают заданный срок годности кондитерских изделий.

Изготовление мучных кондитерских изделий в помещениях с минимальными уровнями аэрозольной и микробиологической загрязненности позволяет снизить риск микробиологической порчи. В связи с этим на пищевых предприятиях особого внимания требует чистота помещений и воздуха рабочих зон наряду с микробиологическим контролем поступающего сырья, соблюдению санитарных требований при его хранении, переработке и транспортировке. Производство продукции в условиях чистых помещений, с пониженной аэрозольной и микробиологической обсемененностью, позволит сохранить оригинальную рецептуру, снизив количество применяемых консервантов. Выявленные закономерности позволяют устанавливать требования к воздуху помещений, что приводит к улучшению микробиологических показателей и увеличению срока годности кондитерских изделий.

Определен качественный и количественный состав микрофлоры образцов воздуха в рабочих зонах действующего предприятия по производству мучных кондитерских изделий в точках, являющихся наиболее критичными по изменению микробиологической обсемененности, для прогнозирования сохранности кондитерских изделий. В исследованном воздухе присутствуют различные спорообразующие микроорганизмы и плесени. Типичными представителями часто обнаруживаемых плесеней являются грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* и другие, что указано в ряде исследований (Петручик & Лемешевский, 2016; Devanny, et al., 2017).

Микрофлора образцов воздуха в рабочей зоне отличается по качественному и количественному составу. Определено, что плесени в зоне просеивания муки представлены в основном *Aspergillus Nigger*. Полученные результаты согласуются с выводами, сделанными в исследованиях (Петручик & Лемешевский, 2016; Devanny, et al., 2017).

Дрожжи представлены, в основном, двумя видами. Определены их морфологические признаки. Для точной идентификации и определения родовой и видовой принадлежности необходимо провести дальнейшие исследования биохимических свойств и идентификацию на основе анализа последовательности рибосомальных генов, полученных при секвенировании участка ДНК, кодирующего область ITS-D1/D2 рДНК, как это было сделано в работе (Баженова и др., 2021).

Поскольку в нашем исследовании сделан акцент на исследовании воздуха в разных точках рабочих зон, это аспект нашего исследования позволяет выявить наиболее критичные зоны микробиологической безопасности при изготовлении мучных кондитерских изделий. Например, в цехе просеивания муки, в воздухе, содержится большее количество из-за распыла муки, где микроорганизмы переносятся на частицах муки. Воздух после охлаждения содержит значительное количество плесеней, что, видимо, связано с человеческим фактором. Более высокое содержание дрожжей выявлено в воздухе в месте сбора рецептурных компонентов. Это, видимо, связано с санитарным состоянием оборудования, сложностью и периодичностью его обработки.

Значительное количество КМАФАнМ в зонах просеивания муки и при сборе рецептурных компонентов, возможно, связано с распылом муки, переносом микроорганизмов частицами пыли и человеческим фактором.

Таким образом, наиболее критичными для микробиологической безопасности готовых изделий являются зоны после термообработки: воздух при охлаждении после выпечки и воздух при упаковке.

ВЫВОДЫ

Обоснованы дополнительные требования к воздуху рабочих зон на основе результатов исследований микробиологических параметров воздушной среды для обеспечения позволит предприятиям управлять и контролировать сроки годности и сохранность мучных кондитерских изделий.

Для предотвращения порчи продукции контроль загрязнённости воздуха рабочей среды внутри производственных помещений так же важен, как и микробиологический анализ сырья и образцов готовой продукции. Защита продукции от попадания микроорганизмов путем внедрения в цехах чистых производственных помещений, для которых установлены требования к чистоте воздуха, позволят увеличить сроки хранения готовых изделий без дополнительного применения консервантов

В результате исследования обоснованы критические точки возможного микробиологического загрязнения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на основе анализа технологической линии производства мучных кондитерских изделий, на примере кекса и ромовой бабы: цех просеивания муки, мука после просеивания, сбор рецептурных компонентов, замес теста, формование, охлаждение после выпечки, упаковка.

Микрофлора образцов воздуха в рабочей зоне отличается по качественному и количественному составу. Определено, что плесени в зоне просеивания муки представлены в основном *Aspergillus Nigger*. Предложены числовые показатели норм и требований на микробиологическую обсеменённость воздуха рабочих зон при производстве мучных кондитерских изделий, для управления и контроля срока годности, и сохранности мучных кондитерских изделий. Для обеспечения сохранности мучных кондитерских изделий рекомендуется достижение уровня загрязнённости воздушной среды, не выше 200 КОЕ/м³, что соответствует классу D по GMP EC. Для выбора максимально эффективных дезинфицирующих средств необходимо провести дальнейшие исследования для точной идентификации и определения родовой и видовой принадлежности типичной микрофлоры цехов по производству мучных кондитерских изделий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в проведении исследований сотруднику ВНИИКП Осипову М.В., аспиранту ВНИИКП Матюниной А.В., магистру кафедры «Кондитерских, сахаристых, субтропических и пищевкусковых технологий» ФГБОУ ВО «МГУПП» Веселому Л.Н.

ЛИТЕРАТУРА

- Баженова, А. Е., Руденко, О. С., Пестерев, М. А., Щербакова, Н. А., & Мистенева, С. Ю. (2021). Идентификация штамма дрожжей *cystobasidium slooffiae*, выделенного из образца теста для торта. *Пищевые системы*, 4(2), 111–116. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-4-2-111-116>
- Берестина, А. В., & Бахвалов, А. В. (2020). Оценка эффективности различных по составу дезинфицирующих средств. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*, 19(4), 40–45. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2020.4.6>
- Кондратьев, Н. Б. (2015). Оценка качества кондитерских изделий. *Повышение сохранности кондитерских изделий*. М.: Перо.
- Петручик, А. С., & Лемешевский, В. О. (2016). Исследование проблем плесневения мучных кондитерских изделий и пути их решения. *Сельскохозяйственный журнал*, 1, 449–452.
- Полякова, С. П. (2015). Управление микробиологическими параметрами производства — новый подход к формированию безопасности кондитерских изделий. *Пищевая промышленность*, 8, 30–33.
- Руденко, О. С., Кондратьев, Н. Б., Осипов, М. В., Баженова, А. Е., & Пестерев, М. А. (2019). Оценка факторов, влияющих на риск микробиологической порчи пряников с начинкой. *Пищевая промышленность*, 12, 21–26. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10201>
- Стейнхауэр, К. (2013). Проблемы выбора биоцидов. *Чистые помещения и технологические среды*, 1, 37–39.
- Сэндел, Т. (2011). Очистка чистых помещений. *Чистые помещения и технологические среды*, 2, 32–36.

- Сэндл, Т. (2016). Передовая практика санитарной обработки в фармацевтическом производстве. *Чистые помещения и технологические среды*, 3, 44–48.
- Уайт, В. (2008). Технология чистых помещений. *Основы проектирования, испытаний и эксплуатации*. М.: Клинрум.
- Юшина, Ю. К., Насыров, Н. А., Грудистова, М. А., & Батаева, Д. С. (2022). Обзор дезинфицирующих средств, актуальных для санитарной обработки на пищевых предприятиях. *Все о мясе*, 2, 54–57. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2022-2-54-57>
- Advancing nutrition and food science: 80th anniversary of the Food and Nutrition Board: Proceedings of a symposium*. (2020). Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25864>
- Devinny, J. S., Deshusses, M. A., & Webster, T. S. (2017). *Biofiltration for air pollution control*. CRC press.
- Ionin, A. A., Gonchukov, S. A., Kudryashov, S. I., Nastulyavichus, A. A., Romanova, Yu. M., Saraeva, I. N., Semanova, A. A., Smirnov, N. A., Tolordava, E. R., & Yushina, Yu. K. (2021). Combatting bacterial biofilms and bacterial plankton for medicine and food industry via laser nanotechnology. In *Advanced Laser Technologies ALT'21: Book of abstracts the 28th International Conference* (p. 111). М.: МЕСОЛ.
- Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 824–839. <https://doi.org/10.1080/10408390701719223>
- Rakitin, A. L., Beletskiy, A. V., Kolganova, T. V., Mardanov, A. V., Yushina, Y. K., Zaiko, E. V., Bataeva, D. S., Kuznetsova, O. A., Semenova, A. A., Ermolaeva, S. A., Shapovalov, S. O., & Tkachik, T. E. (2022). Evaluation of antibiotic resistance of salmonella serotypes and whole-genome sequencing of multiresistant strains isolated from food products in Russia. *Antibiotics*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010001>

REFERENCES

- Bazhenova, A. E., Rudenko, O. S., Pesterev, M. A., Shcherbakova, N. A., & Misteneva, S. Yu. (2021). Identifikatsiya shtamma drozhzhei cystobasidium slooffiae, vydelenno-go iz obraztsa testa dlya torta [Identification of the cystobasidium slooffiae yeast strain isolated from a cake dough sample]. *Pishchevye sistemy [Food Systems]*, 4(2), 111–116. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-4-2-111-116>
- Berestina, A. V., & Bakhvalov, A. V. (2020). Otsenka effektivnosti razlichnykh po sostavu dezinfitsiruyushchikh sredstv [Evaluation of the effectiveness of various composition of disinfectants]. *Vestnik Smolenskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii [Bulletin of the Smolensk State Medical Academy]*, 19(4), 40–45. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2020.4.6>
- Kondrat'ev, N. B. (2015). Otsenka kachestva konditerskikh izdelii. Povyshenie sokhrannosti konditerskikh izdelii [Assessment of the quality of confectionery products. Improving the safety of confectionery]. Moscow: Pero.
- Petruchik, A. S., & Lemeshevskii, V. O. (2016). Issledovanie problem plesneveniya mучnykh konditerskikh izdelii i puti ikh resheniya [Study of the problems of molding flour confectionery products and ways to solve them]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal [Agricultural Magazine]*, 1, 449–452.
- Polyakova, S. P. (2015). Upravlenie mikrobiologicheskimi parametrami proizvodstva — novyi podkhod k formirovaniyu bezopasnosti konditerskikh izdelii [Management of microbiological parameters of production — a new approach to the formation of the safety of confectionery]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 8, 30–33.
- Rudenko, O. S., Kondrat'ev, N. B., Osipov, M. V., Bazhenova, A. E., & Pesterev, M. A. (2019). Otsenka faktorov, vliyayushchikh na risk mikrobiologicheskoi porchi pryankov s nachinkoi [Evaluation of factors affecting the risk of microbiological spoilage of gingerbread with filling]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 12, 21–26. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10201>
- Sendl, T. (2011). Ochistka chistyykh pomeshchenii [Clean room cleaning]. *Chistye pomeshcheniya i tekhnologicheskie sredy [Clean Rooms and Process Environments]*, 2, 32–36.
- Sendl, T. (2016). Peredovaya praktika sanitarnoi obrabotki v farmatsevticheskom proizvodstve [Good Practice for Sanitation in Pharmaceutical Manufacturing]. *Chistye pomeshcheniya i tekhnologicheskie sredy [Clean Rooms and Process Environments]*, 3, 44–48.
- Steinkhauer, K. (2013). Problemy vybora biotsidov [Problems in the choice of biocides]. *Chistye pomeshcheniya i tekhnologicheskie sredy [Clean Rooms and Process Environments]*, 1, 37–39.
- Uait, V. (2008). *Tekhnologiya chistyykh pomeshchenii. Osnovy proektirovaniya, ispytaniy i ekspluatatsii [Clean room technology. Fundamentals of design, testing and operation]*. Moscow: Klinrum.
- Yushina, Yu. K., Nasyrov, N. A., Grudistova, M. A., & Bataeva, D. S. (2022). Obzor dezinfitsiruyushchikh sredstv, aktual'nykh dlya sanitarnoi obrabotki na pishchevykh predpriyatiyakh [Overview of disinfectants relevant for sanitization in food establishments]. *Vse o myase [All about Meat]*, 2, 54–57. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2022-2-54-57>

- Advancing nutrition and food science: 80th anniversary of the Food and Nutrition Board: Proceedings of a symposium.* (2020). Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25864>
- Devinny, J. S., Deshusses, M. A., & Webster, T. S. (2017). *Biofiltration for air pollution control*. CRC press.
- Ionin, A. A., Gonchukov, S. A., Kudryashov, S. I., Nastulyavichus, A. A., Romanova, Yu. M., Saraeva, I. N., Semenova, A. A., Smirnov, N. A., Tolordava, E. R., & Yushina, Yu. K. (2021). Combatting bacterial biofilms and bacterial plankton for medicine and food industry via laser nanotechnology. In *Advanced Laser Technologies ALT'21: Book of abstracts the 28th International Conference* (p. 111). M.: MECOЛ.
- Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 824–839. <https://doi.org/10.1080/10408390701719223>
- Rakitin, A. L., Beletskiy, A. V., Kolganova, T. V., Mardanov, A. V., Yushina, Y. K., Zaiko, E. V., Bataeva, D. S., Kuznetsova, O. A., Semenova, A. A., Ermolaeva, S. A., Shapovalov, S. O., & Tkachik, T. E. (2022). Evaluation of antibiotic resistance of salmonella serotypes and whole-genome sequencing of multiresistant strains isolated from food products in Russia. *Antibiotics*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010001>