

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»

**СОЗДАНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ УПАКОВОЧНОЙ ПЛЕНКИ НА
ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНА (ЖЕЛАТИНА), ОБЛАДАЮЩЕЙ
АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТЬЮ**
Россия, Кировская область, г. Киров, КОГОАУ «Лицей естественных
наук»

**Автор: Фомина Дарья Сергеевна, КОГОАУ «Лицей
естественных наук», 6 класс**

**Научные руководители:
Макаренко Зинаида Петровна, педагог КОГОАУ ЛЕН
Широкова Евгения Сергеевна, доцент каф.ХТПП ВятГУ**

Киров, 2023

Содержание

Введение	3
1 Обзор литературы	4
2 Методика исследования.....	8
2.1 Методика определения фитотоксичности антисептических веществ с использованием семян кресс-салата.....	8
2.2 Приготовление растворов коллагена (желатина) и антисептических веществ.....	8
2.3 Получение пленочных материалов поливом из раствора	9
2.4 Характеристика внешнего вида и растворимости пленочных материалов.....	9
2.5 Оценка стойкости к образованию и росту плесневых грибов	9
2.6 Оценка способности к биodeградации полученных пленочных материалов	9
3 Результаты исследований и их обсуждение	10
3.1 Результаты оценки фитотоксичности растворов антисептических средств антисептических веществ.....	10
3.2 Приготовление растворов коллагена (желатина) и антисептических веществ.....	10
3.3 Получение пленочных материалов поливом из раствора	10
3.3 Результаты оценки внешнего вида и растворимости пленочных материалов	10
3.4 Результаты оценки стойкости к образованию и росту плесневых грибов	11
3.5 Результаты оценки способности к биodeградации полученных пленочных материалов	11
Выводы.....	12
Список использованной литературы	13
Приложения.....	14

Введение

Полимерные пленки, получаемые на основе традиционных синтетических полимеров, широко применяются во всем мире для упаковки пищевых продуктов. Однако невозможность биодegradации (разложения) синтетических полимеров в окружающей среде и как следствие накопление отходов из полимерных материалов стимулирует интерес к использованию биоразлагаемых полимеров взамен традиционных. В последнее время активно обсуждается вопрос использования коллагена (желатина) для создания биоразлагаемых пленочных упаковочных материалов. Желатин (продукт химического расщепления коллагена) обладает высокой пленкообразующей способностью, хорошими механическими и барьерными свойствами, является полностью биоразлагаемым. Однако пленочные материалы на основе коллагена (желатина), как и на основе других полимеров на биооснове, характеризуются малой стойкостью к развитию патогенной микрофлоры.

Целью данной работы было создание биоразлагаемого упаковочного материала на основе коллагена (желатина) с высокой стойкостью к образованию и росту плесени.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Подобрать оптимальный состав (концентрацию коллагена (желатина)) композиции для получения пленочных материалов удобных в обращении.
2. Подобрать соединения, подавляющие образование и рост плесневых грибов, и приготовить пленочные материалы на основе композиции коллагена (желатина) с их использованием.
3. Оценить внешний вида, растворимости и стойкости полученных пленочных материалов к образованию и росту плесневых грибов.
4. Оценить деградацию полученных пленочных материалов в почве.

Объектом исследования являются композиции на основе коллагена (желатина) и антисептических веществ.

Предмет работы – исследования по возможности создания биоразлагаемого упаковочного материала на основе коллагена (желатина), обладающего антисептическими свойствами.

При проведении исследования были использованы **методы**: описание внешних особенностей и растворимости полученных пленочных материалов, оценка стойкости к образованию и росту плесневых грибов, оценка способности к деградации в почве по изменению массы.

Гипотеза – на основе коллагена (желатина) могут быть получены удобные в обращении биоразлагаемые упаковочные материалы, обладающие антисептическими свойствами.

1 Обзор литературы

1.1 Биоразлагаемые полимерные материалы на биооснове для производства упаковочных пленок

Серьезной альтернативой современным упаковочным материалам, которые сделаны из материалов, срок разложения которых составляет сотни лет, являются упаковочные материалы из биоразлагаемых полимеров.

Биоразлагаемые полимеры могут быть изготовлены из ископаемых ресурсов и из возобновляемого сырья (полимеры на биооснове).

Для производства биоразлагаемых полимеров на биооснове используется возобновляемый источник углерода, они производятся из ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО сырья (крахмал, лигнин, сахар, целлюлоза, растительные масла и др.) [1-4].

Наибольшее применение для создания биоразлагаемых упаковочных материалов (в виде пленок или штучных изделий) нашли следующие полимеры.

Целлюлоза, наиболее распространенное органическое соединение на земле, является основным структурным компонентом клеточной стенки высших растений. Это основной компонент хлопка (95%), льна (80%), джута (60-70%) и дерева (40-50%). Целлюлозная масса может быть получена из многих сельскохозяйственных продуктов, таких как сахарный тростник, сорго, кукурузные стебли и солома ржи, пшеницы, овса и риса [].

Для производства упаковочных материалов, а также иных изделий используют производные целлюлозы – ее простые и сложные эфиры.

Производные целлюлозы широко используются в системах с контролируемым высвобождением (покрытия), а также в мембранах и других разделительных средах, в фармацевтике, сельском хозяйстве и косметике [5-7].

Крахмал – это растительный полисахарид, получаемый из крахмалсодержащего зернового сырья (кукурузы, пшеницы, риса) и корнеклубневого сырья (картофеля, маниока) и других растений.

Товарный чистый крахмал по внешнему виду представляет собой белоснежный сыпучий порошок, состоящий из мельчайших зерен.

Для создания упаковочных материалов, а также иных изделий из крахмала используют так называемый «термопластичный крахмал», который получают при термомеханической обработке смеси крахмала со специальными веществами-пластификаторами (вода, глицерин, сорбит, гликоль, полиэтиленгликоль, мочевины, глюкоза, мальтоза и др.)

При сравнении термопластичного крахмала со стандартными полимерами можно отметить ряд его преимуществ:

- полная компостируемость без токсичных остатков и возобновляемость ресурса;
- более низкая стоимость по сравнению с синтетическими полимерами (по сравнению с ископаемыми ресурсами цена на крахмальные ресурсы в настоящее время остается довольно стабильной);
- обработка на станках для переработки пластмасс;

— в зависимости от типа и содержания пластификатора, а также происхождения крахмала, может быть получен материал с широким спектром свойств.

Однако крахмал демонстрирует невысокую стойкость к воде и довольно невысокие механические свойства по сравнению с обычным синтетическим полимером.

На сегодняшний день основной областью применения полимеров на основе крахмала является упаковка. Также можно отметить производство пены, пленки (для сельского хозяйства), формуемых изделий [5-8].

Хитин и его производное хитозан обнаружен в экзоскелете ракообразных и насекомых, а также в клеточной стенке грибов и микроорганизмов. Раковины членистоногих (экзоскелеты), наиболее доступные источники хитина, содержат 20–50% хитина в пересчете на сухой остаток. Отходы предприятий по переработке морепродуктов используются для промышленного производства хитина.

Хитозан обладает прекрасной способностью образовывать пористые структуры. Его можно формовать в пористые мембраны, блоки, трубки и шарики. Из хитина изготавливают порошок и пленки с кровеостанавливающей и ранозаживляющей активностью для обработки ран, апирогенные хирургические нити. Хитозан также легко образует пленки и дает материал с очень высоким газовым барьером, широко используется в медицине [5-7].

Коллагены (от греческих слов «kolla» (клей) и «genes» (рождающий)) являются основными конструктивными компонентами кожи, костей, связок, сухожилий, стенок кровеносных сосудов и других органов и тканей.

Основным доступным и дешевым источником коллагена является кожный покров животных, преимущественно крупного рогатого скота, в дерме которого содержится до 95% коллагена от массы сухой ткани. Коллаген находит широкое применение в различных отраслях промышленности – кожевенной, пищевой, текстильной, а также в медико-биологических областях и косметологии для производства раневых покрытий, местных гемостатических средств и остеопластических материалов, имплантатов и компонентов мазей, кремов, гелей, жидких и твердых лекарственных средств и других изделий.

Коллагену отводится важная роль в фармацевтической промышленности. Коллаген биodeградирует в организме, а продукты его распада утилизируются тканями [5-7].

1.2 Придание полимерным пленочным материалам антисептических свойств [9, 10]

На поверхности всех продуктов, особенно пищевых, всегда находится определенная микрофлора. При неблагоприятных условиях на их поверхности возможно развитие патогенных микроорганизмов, способных вызывать различные заболевания. Обычная полимерная упаковка не способна оказать значительного влияния на микрофлору продукта и предотвратить развитие патогенной микрофлоры, если продукт изначально был заражен. Поэтому важно придать ей антисептические свойства.

Сами пластики также могут подвергаться воздействию микроорганизмов. При развитии микроорганизмов на поверхности полимеров может наблюдаться изменение цвета, появление пятен, изменение механических и других свойств.

Введение антисептических добавок непосредственно в полимерный материал на этапе его создания – это эффективный метод защиты материала.

В основе токсического действия антисептических добавок, применяемых для защиты от биоповреждений различных материалов и изделий, лежит их способность ингибировать те или иные реакции метаболизма микроорганизмов, нарушать их клеточные структуры:

- взаимодействии с биологически важными веществами клетки микроорганизма (клеточными метаболитами);
- подавлении активности ферментов;
- нарушении структуры и функционирования биомембран и клеточных стенок.

Добавление антимикробных агентов в различные материалы не только защищает их от воздействия микроорганизмов в неблагоприятных условиях, но и влияет на анти-микробные свойства товаров, например, придает им устойчивость к воздействию патогенных микроорганизмов.

Основными требованиями к современным биоцидам являются: безопасность в использовании, отсутствие вредного воздействия как на организм человека, так и окружающую среду, высокая активность в отношении вредных биофакторов, доступность и низкая стоимость.

Используемые добавки должны быть безопасными, экологически чистыми, стабильными на всех стадиях переработки.

В данной работе в качестве антисептических добавок использовались широко представленные на рынке соединения, характеристики которых представлены ниже.

Хлогексидин (0,05 % раствор) – антисептическое средство, которое проявляет в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий бактерицидное действие, оказывает фунгицидное и вирулицидное действие (в отношении липофильных вирусов). На споры бактерий действует только при повышенной температуре. Эффективен в отношении грамположительных и грам-отрицательных бактерий (в т.ч. *Treponema spp.*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Chlamydia spp.*), вирусов и грибов [11].

Салициловая кислота обладает слабыми антисептическими, раздражающими (в больших концентрациях) свойствами и применяется в медицине наружно в мазях и растворах при лечении кожных заболеваний; входит в состав пасты Лассара, присыпки «гальманин», препаратов «мозольная жидкость» и «мозольный пластырь». В аптечной сети продается в таких лекарственных формах, как спиртовой раствор для наружного применения, известный в народе как «салициловый спирт» (с содержанием салициловой кислоты 1 или 2 %) и мазь (2, 3, 5 и 10-процентная) [12].

Нитрофура́л (новолат. nitrofurum, распространенный синоним – фурацилин лат. Furacilinum) – антисептическое средство местного действия, относится к группе нитрофуранов. Обладает противомикробным действием. Используется как жидкость для промывания и очищения ран, благодаря своим антисептическим свойствам замедляет или останавливает рост микробной флоры [13].

Ромашка аптечная – одно из самых известных лекарственных растений, чьи лечебные свойства нашли широкое применение в медицине, косметологии и даже кулинарии. Такая широкая сфера ее применения обусловлена ее биологическим составом, компонентами, найденными в растении, такими как аскорбиновая кислота; бета-каротин; матрицин; селен, калий, цинк и медь; каприловую, салициловую, изовалериановую кислоты; камеди; кверцетин; флавоноиды; никотиновая кислота; полисахариды; дубильные вещества; эфирное масло. Отвар ромашки обладает выраженным антисептическим действием [14].

Цветы ноготков (календула) содержат фитонциды, оказывающие выраженное бактерицидное действие. В их составе обнаружены каротиноиды – антиоксиданты, которые противостоят процессам старения и защищают организм от негативного действия окружающей среды [15].

2 Методика исследования

2.1 Методика определения фитотоксичности антисептических веществ с использованием семян кресс-салата [16, 17]

Фитотоксичность – свойство подавлять рост и развитие высших растений при загрязнении токсинами, фитопатогенными микроорганизмами.

Ватные диски пропитываются водным раствором антисептического средства (концентрация антисептического вещества соответствовала таковой в растворе коллагена (желатина), используемого для приготовления пленочных материалов) и помещаются в чашки Петри. На ватный диск помещаются по 20 семян кресс-салата, затем чашки Петри закрываются крышками и оставляются на 3-4 дня в помещении с постоянной температурой (20-25°C).

Через 3-4 дня подсчитывается число ростков в опытных и контрольном образцах и определяется процент всхожести семян, замеряются длины ростков и корней в исследуемых и контрольном образцах. Данные заносятся в таблицу. Затем определяется во сколько раз процент всхожести семян в контроле больше, чем в пробе (K_1), а также во сколько раз средняя длина ростков на образцах исследуемых проб воды отличается от длины ростков в контрольной пробе (K_2). Коэффициенты K_1 и K_2 вычисляются по формулам 1-2.

$$K_1 = \frac{B_K}{B_T}, \quad (1)$$

где B_K - всхожесть семян в контрольной пробе; B_T - всхожесть семян в исследуемой системе.

$$K_2 = \frac{D_K}{D_T}, \quad (2)$$

где D_K – средняя длина проростка в контрольной пробе; D_T – средняя длина проростка в исследуемой системе.

Степень фитотоксичности пробы устанавливается, исходя из следующих условий:

- при K_1 и $K_2 < 1,1$ – проба нефитотоксична (удовлетворительная экологическая ситуация);
- при K_1 и K_2 от 1,4 до 2 – проба фитотоксична (чрезвычайная экологическая ситуация);
- при K_1 и $K_2 > 2$ – проба с высокой фитотоксичностью (экологическое бедствие).

2.2 Приготовление растворов коллагена (желатина) и антисептических веществ

Приготовление растворов осуществлялось следующим образом. Коллаген (желатин) в заданном соотношении растворяли в дистиллированной воде или заранее приготовленном растворе ромашки или ноготков. Раствор и нагревали на водяной бане до полного растворения в течение 30 мин. После этого в приготовленную смесь добавляли глицерин (чтобы пленка была более мягкой и эластичной) и антисептические вещества и смесь перемешивали. Для удаления растворенных пузырьков раствор отстаивался в течение 30 мин.

2.3 Получение пленочных материалов поливом из раствора

Заданный объем приготовленных растворов отливали в чашки Петри и на полиэтиленовую пленку и сушили при комнатной температуре в течение 72 часов. Внешний вид отлитых пленок представлен на фото 1.

2.4 Характеристика внешнего вида и растворимости пленочных материалов

Характеристику полученных пленок проводили по следующим показателям:

- цвет (прозрачность, описание цвета);
- запах (наличие/отсутствие);
- гибкость (степень гибкости в сравнении с контролем);
- растворимость в воде (время, затраченное на полное растворение образца в виде квадрата со стороной 10 мм в 100 мл воды).

2.5 Оценка стойкости к образованию и росту плесневых грибов

Стойкость к образованию плесневых грибов оценивали следующим образом. В чашки Петри, в которых находились пленочные материалы, размещали квадрат из хлеба со стороной 5 мм и ежедневно его увлажняли. Визуально наблюдали наличие/отсутствие плесневых грибов на поверхности хлеба и пленочных материалов.

Стойкость к росту плесневых грибов оценивали следующим образом. В чашки Петри, в которых находились пленочные материалы, размещали квадрат из хлеба со стороной 5 мм, на котором предварительно были выращены образцы плесневых грибов. Визуально наблюдали рост/подавление роста плесневых грибов на поверхности хлеба и пленочных материалов.

2.6 Оценка способности к биodeградации полученных пленочных материалов

Для оценки способности к биodeградации полученных пленочных материалов образцы в виде квадрата со стороной 10 мм размещали в почве объемом 100 см³ и осуществляли ежедневный полив.

Осмотр внешнего вида и фотофиксация пленочных материалов, размещенных в почве, проводились еженедельно.

3 Результаты исследований и их обсуждение

3.1 Результаты оценки фитотоксичности растворов антисептических средств антисептических веществ

Результаты определения фитотоксичности растворов антисептических средств с использованием семян кресс-салата по методике по п. 2.1 представлены в таблице 1 приложения.

На основании полученных результатов можно отметить, что исследованные образцы антисептических веществ оказывают негативное влияние на рост и развитие растений, поэтому потенциально могут подавлять образование и рост плесневых грибов.

3.2 Приготовление растворов коллагена (желатина) и антисептических веществ

Рецептуры растворов и особенности приготовления представлены в таблице 2 приложения. Полученные растворы были прозрачны либо имели цвет, соответствующий цвету заранее приготовленного раствора-основы. Специфическим запахом обладали растворы, приготовленные на основе отваров ноготков и ромашки.

3.3 Получение пленочных материалов поливом из раствора

В первой серии экспериментов по методике, описанной в п.2.3, были получены пленочные материалы по рецептам, имеющим шифр Х.1. Данные пленочные материалы имели малую толщину, с трудом отделялись от подложки и были неудобны в обращении.

Во второй серии экспериментов по методике, описанной в п.2.3, были получены пленочные материалы из растворов с большей концентрацией желатина по рецептам, имеющим шифр Х.2. Полученные пленки имели приемлемую толщину, отделялись от полиэтиленовой подложки и были удобны в обращении.

Для дальнейших экспериментов использовались пленочные материалы из растворов с большей концентрацией желатина по рецептам, имеющим шифр Х.2.

Внешний вид полученных пленочных материалов представлен на фото 1 приложения.

3.3 Результаты оценки внешнего вида и растворимости пленочных материалов

Характеристика внешнего вида и время, затраченное на полное растворение образца в виде квадрата со стороной 10 мм в 100 мл воды, представлены в таблице 2 приложения.

Для контрольного образца и образцов, содержащих салициловую кислоту и хлоргексидин, время полного растворения сопоставимы, пленочные материалы не отличаются между собой по гибкости. Для полного растворения образцов, приготовленных из раствора фурацилина, отваров ромашки и ноготков, потребовалось в 7 раз больше времени. Предположительно между коллагеном (желатином) и указанными антисептическими веществами произошло взаимодействие и образовались «сшивки». Данное предположение

также подтверждается изменение гибкости пленочных материалов, полученных с использованием указанных антисептических веществ.

3.4 Результаты оценки стойкости к образованию и росту плесневых грибов

Стойкость к образованию и росту плесневых грибов оценивали по п.2.5. Внешний вид подготовленных для испытания образцов представлен на фото 2 приложения.

Стоит выделить следующие особенности, которые были отмечены в ходе проведения эксперимента:

- за все время проведения эксперимента (более 30 суток) не наблюдалось роста плесневых грибов ни на одном образце;
- после размещения квадрата из хлеба со стороной 5 мм, на котором предварительно были выращены образцы плесневые грибы, на образцах пленочных материалов не наблюдалось их распространение за пределы первоначального ареала;
- после размещения квадрата из хлеба со стороной 5 мм, на котором предварительно были выращены образцы плесневые грибы, на образцах пленочных материалов по прошествии 48 часов рост и развитие плесневых грибов прекратился.

Отмеченные особенности позволяют сделать заключение о том, что полученные пленочные материалы являются стойкими к образованию и росту плесневых грибов.

3.5 Результаты оценки способности к биodeградации полученных пленочных материалов

Оценку способности к биodeградации проводили согласно п 2.6. Пример размещения образцов представлен на фото 3 приложения.

По прошествии 7 суток следов пленок обнаружено не было. Данный факт позволяет дать заключение о том, что разложение полученных пленочных материалов в почве происходит достаточно интенсивно.

Выводы

1. Подобран оптимальный состав (концентрация коллагена (желатина)) композиции для получения пленочных материалов удобных в обращении.
2. Выбраны соединения, подавляющие образование и рост плесневых грибов, и приготовлены пленочные материалы на основе композиции коллагена (желатина) с их использованием, что подтверждено испытанием на фитотоксичность.
3. Полученные пленочные материалы отличаются по цвету, гибкости, скорости растворения в воде. Все полученные пленочные материалы стойки к образованию и росту плесневых грибов.
4. Установлено, что разложение полученных пленочных материалов в почве происходит достаточно интенсивно, менее чем за 7 суток.

Список использованной литературы

- 1 Биодegradация // Wikipedia URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биодegradация> (дата обращения: 12.09.2019).
- 2 Биоразлагаемые полимеры // Wikipedia URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Биоразлагаемые_полимеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/Биоразлагаемые_полимеры) (дата обращения: 12.09.2019).
- 3 Биоразлагаемые полимеры // Сырье и упаковка для парфюмерии, косметики и бытовой химии. - 2012. - № № 6 (132).
- 4 Биоразлагаемые полимеры и пластики // Plastice URL: http://www.plastice.org/fileadmin/files/RU_Biorazgradljiva_plastika_in_polimeri_Krzan.pdf (дата обращения: 12.09.2019).
- 5 Rudnik Ewa Compostable Polymer Materials. Elsevier, 2008. - 211 p.
- 6 Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. И. Штильман [и др.] ; под ред. М. И. Штильмана. – 2-е изд. (эл.). – Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf :331 с.). – М. : Лаборатория знаний : Лаборатория Базовых Знаний, 2016.
- 7 Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников / Под ред. Лонг Ю. - СПб: Научные основы и технологии, 2013. - 464 с.
- 8 Голыбин В. А., Ефремов А. А. Технология крахмала, крахмалопродуктов и глюкозно- фруктозных сиропов. - Воронеж: Воронеж. гос. ун-т инж. технол., 2013. - 140 с.
- 9 Милинкова Е. А., Дмитриев А. С. Биоразлагаемые пластики из возобновляемых ресурсов и их применение. М., 2004. 80 с
- 10 Дышлюк, Л.С., 2019. Теоретическое обоснование и практическая реализация технологий получения антимикробных пленок на основе природных полисахаридов для пищевой промышленности., PhD thesis, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Кемерово.
- 11 Хлоргексидин 0,05% 10мл 5 шт. раствор для местного и наружного применения. Date Views 19.09.2022 www.asna.ru/cards/khlorgeksidin_005_10ml_n5_r-r_obnovlenie_reneval_pfk.html.
- 12 Салициловая кислота. Date Views 19.09.2022 ru.wikipedia.org/wiki/Салициловая_кислота#Применение_в_медицине.
- 13 Нитрофурал. Date Views 19.09.2022 ru.wikipedia.org/wiki/Нитрофурал.
- 14 Ромашка аптечная. Date Views 19.09.2022 www.kp.ru/doctor/narodnaya-meditsina/romashka-aptechnaya/.
- 15 Цветы ноготков. Date Views 19.09.2022 www.kp.ru/doctor/narodnaya-meditsina/.
- 16 Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие /Под ред. Ашихминой Т. Я. – М.: Академический Проект, 2005. – 416 с.
- 17 Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие [Текст] /Под редакцией Ашихминой Т. Я. – М.: АГАР, 2000. – 213 с.

Приложения

Таблица 1 – Результаты оценки фитотоксичности растворов антисептических средств

Рецепт	Всхожесть семян в контрольной пробе	Всхожесть семян в исследуемой системе	K₁	Степень фитотоксичности
Контроль	19	19	1	проба нефитотоксична
Салициловая кислота	19	5	3,8	проба с высокой фитотоксичностью
Хлоргексидин	19	5	3,8	проба с высокой фитотоксичностью
Фурацилин	19	2	9,5	проба с высокой фитотоксичностью
Отвар ноготков	19	5	3,8	проба с высокой фитотоксичностью
Отвар ромашки	19	2	9,5	проба с высокой фитотоксичностью

Таблица 2 – Рецептуры растворов и особенности приготовления

Рецепт	Масса воды/заранее приготовленного раствора, г	Масса желатина, г	Масса глицерина, г	Тип и масса антисептического средства, г
1	2	3	4	5
Рецепт 1.1 (контроль)	94 (вода)	4	2	-
Рецепт 1.2 (контроль)	85 (вода)	10	5	-
Рецепт 2.1 (салициловая кислота)	93 (вода)	4	2	1, салициловая кислота
Рецепт 2.2 (салициловая кислота)	84 (вода)	10	5	1, салициловая кислота
Рецепт 3.1 (хлоргексидин)	93 (вода)	4	2	1, хлоргексидин
Рецепт 3.2 (хлоргексидин)	84 (вода)	10	5	1, хлоргексидин
Рецепт 4.1 (фурацилин)	94 (раствор фурацилина готовили согласно рекомендациям в инструкции по применению)	4	2	-, фурацилин
Рецепт 4.2 (фурацилин)	85 (раствор фурацилина готовили согласно рекомендациям в инструкции по применению)	10	5	-, фурацилин
Рецепт 5.1 (отвар ноготков)	94 (отвар ноготков готовили согласно рекомендациям в инструкции по применению)	4	2	-, отвар ноготков

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Рецепт 5.2 (отвар ноготков)	85 (отвар ноготков готовили согласно рекомендациям в инструкции по применению)	10	5	-, отвар ноготков
Рецепт 6.1 (отвар ромашки)	94 (отвар ромашки готовили согласно рекомендациям в инструкции по применению)	4	2	-, отвар ромашки
Рецепт 6.2 (отвар ромашки)	85 (отвар ромашки готовили согласно рекомендациям в инструкции по применению)	10	5	-, отвар ромашки



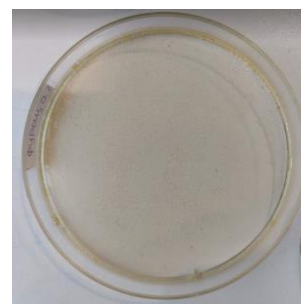
Рецепт 1.1
(контроль)



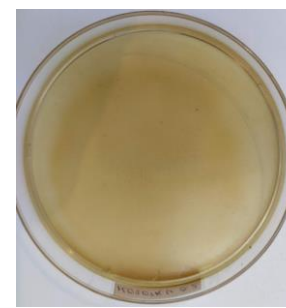
Рецепт 2.1
(салициловая
кислота)



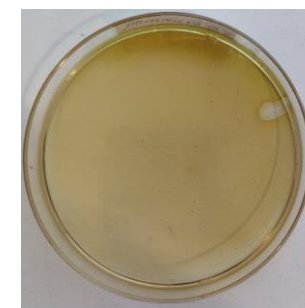
Рецепт 3.1
(хлоргексидин)



Рецепт 4.1
(фурацилин)



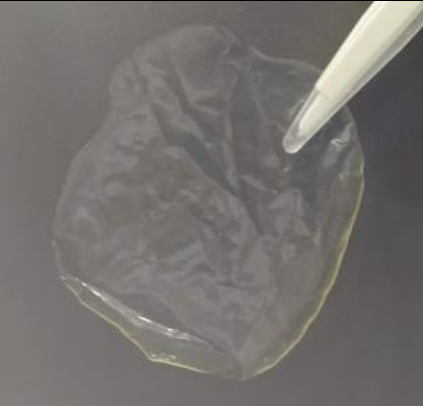
Рецепт 5.1 (отвар
ноготков)



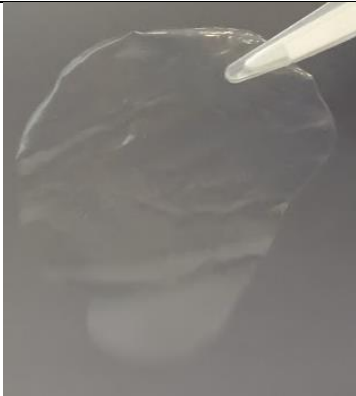
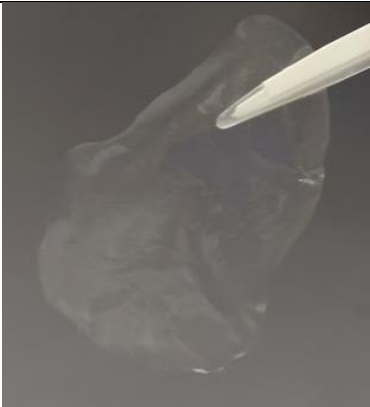
Рецепт 6.1 (отвар
ромашки)

Фото 1 – Внешний вид полученных пленочных материалов



Таблица 3 – Характеристика внешнего вида и растворимости полученных пленочных образцов

Рецепт (используемое антисептическое средство)	Внешний вид полученного пленочного материала	Цвет/ прозрачность	Наличие/ отсутствие запаха	Гибкость	Время, затраченное на полное растворение образца в виде квадрата со стороной 10 мм в 100 мл воды
1	2	3	4	5	6
Рецепт 1.2 (контроль)		прозрачная	нет	+	11 часов


Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
<p>Рецепт 2.2 (салициловая кислота)</p>		<p>прозрачная, слабо желтоваты оттенок</p>	<p>нет</p>	<p>++</p>	<p>10 часов</p>
<p>Рецепт 3.2 (хлоргексидин)</p>		<p>прозрачная</p>	<p>нет</p>	<p>++</p>	<p>10 часов</p>

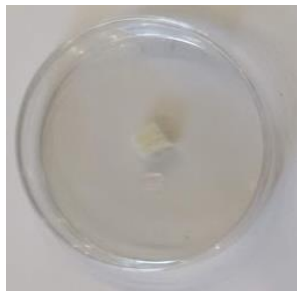
Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Рецепт 4.2 (фурацилин)		прозрачная, с желтым оттенком	нет	+	72 часа
Рецепт 5.2 (отвар ноготков)		прозрачная, коричневая	есть	+/-	72 часа

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Рецепт 6.2 (отвар ромашки)		прозрачная, коричневая	есть	+/-	72 часа

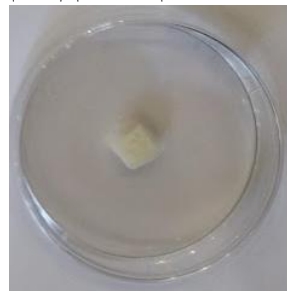
Внешний вид образцов для оценки стойкости к образованию плесневых грибов



Рецепт 1.1
(контроль)



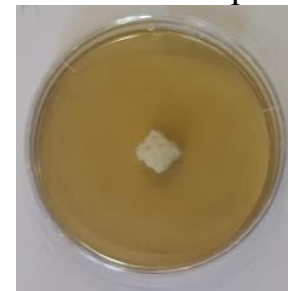
Рецепт 2.1
(салициловая
кислота)



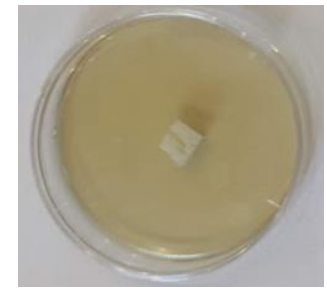
Рецепт 3.1
(хлоргексидин)



Рецепт 4.1
(фурацилин)

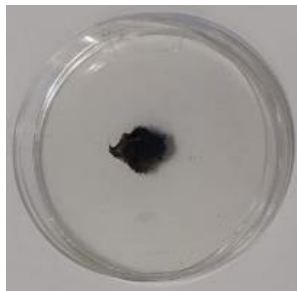


Рецепт 5.1 (отвар
ноготков)

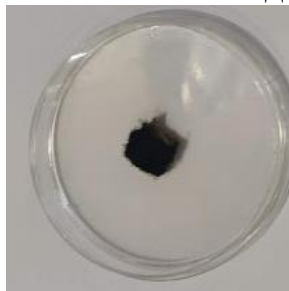


Рецепт 6.1 (отвар
ромашки)

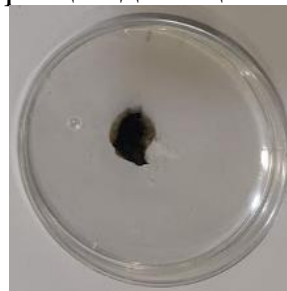
Внешний вид образцов для оценки стойкости к росту плесневых грибов



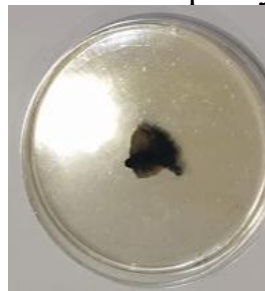
Рецепт 1.1
(контроль)



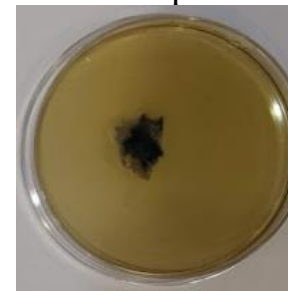
Рецепт 2.1
(салициловая
кислота)



Рецепт 3.1
(хлоргексидин)



Рецепт 4.1
(фурацилин)

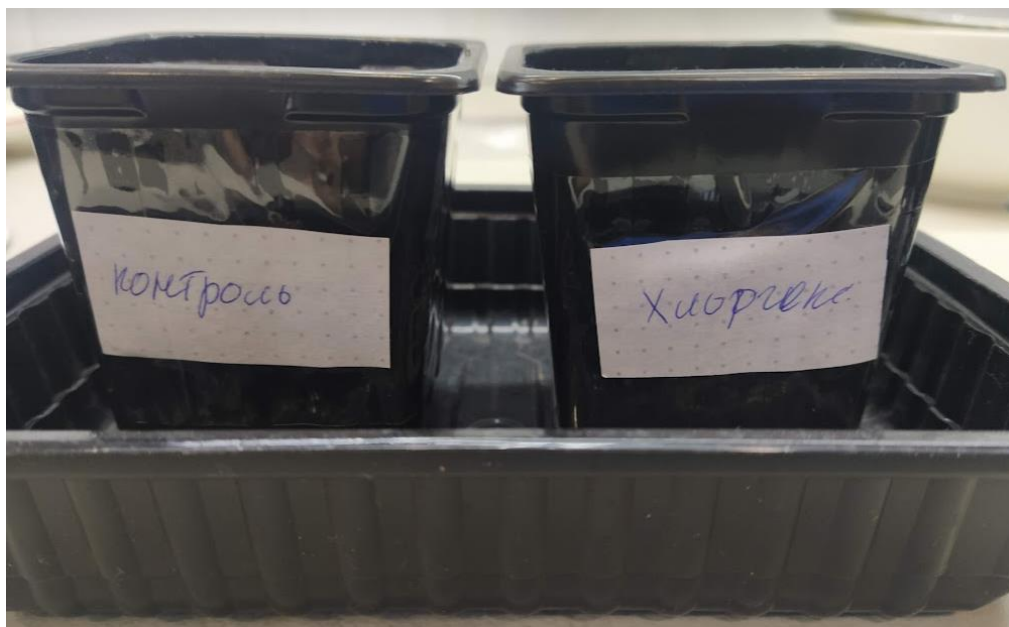


Рецепт 5.1 (отвар
ноготков)



Рецепт 6.1 (отвар
ромашки)

Фото 2 – Внешний вид подготовленных для испытания образцов



вид сбоку



вид сверху

Фото 3 – Пример размещения образцов в почве