

Всероссийский конкурс юных
исследователей окружающей среды имени Б.В. Всесвятского
(Федеральный этап)

БИОХИМИЯ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА КАПСАИЦИНА
ИЗ ПЛОДОВ ПЕРЦЕВ РОДА *CAPSICUM*

Автор: Остапенко Виолетта Вячеславовна

Россия, Мурманская область, г. Мурманск

ГАНОУ МО «ЦО «Лапландия», Детский технопарк «Кванториум»

БиотехПрофи,

10 класс

Научный руководитель:

Соколан Нина Ивановна, педагог дополнительного образования детского
технопарка «Кванториум», ГАНОУ МО «ЦО «ЛАПЛАНДИЯ»

Мурманск, 2025

Оглавление

1. Введение.....	3
2. Литературный обзор.....	4
3. Объекты и методы.....	7
4. Обсуждение результатов.....	10
5. Выводы и заключение.....	12
6. Список литературы.....	13
7. Приложение.....	15

1. Введение

В последние десятилетия наблюдается увеличение интереса к разработке новых антимикробных веществ из растений в связи с ростом устойчивости микроорганизмов к существующим препаратам. Увеличивающаяся устойчивость к антимикробным препаратам представляет собой серьезную глобальную угрозу. Неправильное использование препаратов и передача патогенных микроорганизмов способствуют появлению новых высокоустойчивых штаммов, что отражается на эффективности лечения. Поэтому активно ведутся исследования новых антимикробных препаратов для преодоления этой проблемы.

В связи с этим антибактериальным свойствам природных соединений уделяется всё больше внимания в фармакологии.

В последние десятилетия увеличивается интерес к разработке новых антимикробных веществ на основе эффективных фитонцидов, которые производятся растениями и способны уничтожать или препятствовать росту и развитию бактерий, грибов и простейших организмов. Одним из значимых таких соединений является капсаицин, который извлекается из растений рода *Capsicum* [1-2].

Целью нашего проекта исследовать влияние капсаицина на микроорганизмы на примере *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis*.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Определить объекты исследования (сорта перца чили, микроорганизмы);
2. Получить экстракты капсаицина из данных сортов, используя различные методы экстракции;
3. Исследовать антибактериальные свойства экстрактов капсаицина (диско-диффузионный метод);
4. Исследовать биохимический состав экстрактов перца с помощью тонкослойной хроматографии
5. Провести качественный анализ на содержание капсаицина (метод капельного анализа).

2. Литературный обзор

2.1. Красный острый перец (перец чили)

Перец чили — это название острых сортов стручкового перца, которые принадлежат к семейству паслёновых. Они отличаются ярким вкусом и ароматом, а также содержат вещества, придающие им остроту.

Внешний вид. Перец чили представляет собой кустарник с небольшими плодами, которые могут быть разных цветов: зелёный, жёлтый, красный и даже фиолетовый. Плоды имеют коническую или цилиндрическую форму и могут достигать в длину от 5 до 20 см. Листья у растения зелёные, овальной формы.

Выращивание. Перец чили предпочитает тёплые и солнечные места. Он может расти как в открытом грунте, так и в горшках на балконе или подоконнике. Растение требует регулярного полива и подкормки.

Использование. В кулинарии перец чили используется для придания пикантности и остроты блюдам. Он также применяется в медицине и косметологии благодаря своим полезным свойствам.

В зависимости от сорта, перец чили может иметь различную степень остроты. Некоторые сорта могут быть очень острыми и даже вызывать жжение во рту. Поэтому при использовании перца чили следует соблюдать осторожность.

2.2. Химический состав красного перца чили

Перец чили обладает рядом полезных свойств. Он содержит витамины А, С и К, а также антиоксиданты, которые помогают укрепить иммунную систему и снизить риск развития некоторых заболеваний. Основными компонентами перца чили являются капсаицин, каротиноиды, минеральные вещества, витамины, полифенолы и фитонциды. Капсаицин — основной алкалоид, отвечающий за остроту. Он относится к группе ваннилоидов и активирует рецепторы TRPV1 на нервных клетках, вызывая ощущение жжения. Каротиноиды — это природные органические пигменты. Перец чили богат каротиноидами, такими как бета-каротин, ликопин и каротин, которые придают плодам яркую окраску и обладают антиоксидантными свойствами. Также перец чили является источником витамина С, витамина А, витамина К, витамина В6 и фолиевой кислоты, минеральных веществ, таких как калий, магний, железо, цинк и марганец. В состав перца чили входят полифенолы, такие как капсантин, диакапсантин и капсиат, а также фитонциды красного цвета и ароматические масла. Окраска красного перца обусловлена в основном каротиноидами — капсантином и капсорубином. Химический состав перца чили может варьироваться в зависимости от сорта, способа обработки. Разные сорта отличаются по уровню остроты и цвету [3].

Капсаицин (ванилиламид 8-метил-6-ноненовой кислоты) — алкалоид, содержащийся в различных видах стручкового перца *Capsicum*. Чистый капсаицин представляет собой бесцветное кристаллическое вещество со жгучим вкусом. Температура плавления 65 °С, температура кипения 210—220

°С при 0,01 мм рт.ст. Алкалоид практически нерастворим в водных растворах щелочей, но легко растворяется в органических растворителях, этиловом спирте и жирах. Обладает химической стойкостью. В жёстких условиях гидролизует, образуя ванилиламин и 8-метил-6-ноненую кислоту.

Капсаицин является основным соединением в этом роде и вместе с группой похожих веществ, называемых капсаициноидами, в которую входят дигидрокапсаицин и нордигидрокапсаицин, отвечает более чем за 90% остроты плодов *Capsicum* [4] (Приложение 1, Рис.1).

Капсаицин является предметом интенсивных фитохимических исследований из-за его многочисленных физиологических, терапевтических, бактериостатических и антибактериальных, противовирусных эффектов.

В фармакологии капсаицин — блокатор быстрых К-каналов А-типа. Раздражающее действие и обезболивающий эффект обусловлены действием капсаицина на ванилоидные рецепторы VR1, агонистом которых он является.

Благодаря своим свойствам капсаицин уже используется в ряде областей в качестве компонента средств от насекомых, ароматизаторов, пестицидов, а также в ветеринарии. Сообщалось о ряде медицинских применений, в первую очередь для лечения хронической боли и зуда.

Изучение антибактериальных, бактериостатических свойств не является популярной темой для изучения в России. Потенциал капсаицина в большинстве своём изучают ученые из США и Китая, что логично ведь в этих странах выращивание перца рода *Capsicum* велико, что дает мотивацию к его изучению. Антибактериальная активность была подтверждена в отношении большого количества видов как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий. К примеру *Klebsiella* (*K. pneumoniae*) при выдержке перца *Capsicum frutescens* (*Pimenta Malagueta*) имеет минимальную ингибирующую концентрацию (МИК¹) в количестве 0,6 мкг/мл, *Staphylococcus* (*S. aureus*) при выдержке перца *Capsicum frutescens* (*Pimenta Malagueta*) имеет минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) в количестве 1,2 мкг/мл. Всего было изучено антибактериальное воздействие капсаицина на более чем 15 видах бактериях, информация об изучении которого есть в свободном доступе.

Концентрация капсаицина в перце чили больше, чем всех остальных фитонцидов, поэтому можно полагать, что основное бактерицидное действие оказывает именно он. Однако кроме капсаицина в состав красного перца чили входят такие фитонциды, как куркумины и флавоноиды. Вместе с капсаицином они оказывают комплексное антибактериальное воздействие на микроорганизмы. Также в перце чили присутствуют такие вещества, как токоферол, лютеин, каротин, аскорбиновая кислота, обуславливающие его антиоксидантную активность. Они не являются антибактериальными агентами, однако некоторые исследования показывают, что определенные антиоксиданты могут обладать некими антибактериальными свойствами. В экстрактах красного перца чили могут содержаться вещества, способные оказывать питательное воздействие на микробиоту. Эти вещества могут

взаимодействовать с тестируемыми патогенами, тем самым снижая восприимчивость микробных клеток к бактерицидным эффектам экстракта. Например, наличие углеводов, аминокислот и других органических компонентов может создать условия, способствующие росту и размножению бактерий. Сохранность этих компонентов будет зависеть от условий экстракции, включая длительность, температуру и концентрацию спирта[5].

Обзор литературы был проведен с использованием базы данных MEDLINE PubMed (National Library of Medicine) [6].

2.3. Методы выделения капсаицина

Существуют несколько методов выделения капсаицина из перца чили:

- Методы экстракции

Экстракция органическими растворителями: один из самых распространенных методов. Перец чили измельчают, а затем обрабатывают органическим растворителем, например, диэтиловым эфиром, метанолом или хлороформом. Капсаицин растворяется в органическом растворителе и отделяется от твердых остатков путем фильтрации. После этого растворитель испаряют, оставляя концентрат капсаицина.

Микроволновая экстракция: этот метод использует микроволновое излучение для ускорения процесса экстракции. Перец чили измельчают и обрабатывают растворителем в специальном микроволновом реакторе.

Сверхкритическая флюидная экстракция (SFE): в этом методе для экстракции капсаицина используется сверхкритический флюид, например, CO₂. Сверхкритический CO₂ обладает свойствами жидкости и газа, что позволяет ему проникать в клетки перца чили и извлекать капсаицин.

- Методы хроматографии

Колоночная хроматография: этот метод используется для очистки сырого экстракта капсаицина от других компонентов. Экстракт пропускают через колонку, заполненную пористым материалом, например, силикагелем. Различные вещества в экстракте движутся через колонку с разной скоростью, что позволяет отделить капсаицин от других компонентов.

Тонкослойная хроматография (ТСХ): ТСХ используется для качественного анализа экстракта капсаицина и контроля процесса очистки.

- Методы кристаллизации

Перекристаллизация: этот метод используется для очистки капсаицина путем его растворения в горячем растворителе и медленного охлаждения раствора. Капсаицин выпадает в осадок в виде кристаллов, которые отделяют от раствора путем фильтрации.

3. Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись четыре вида острого перца: зеленый перец чили, красный тайландский перец чили, перец чили Каскабель (Cascabel Pepper) и перец чили

Каролина Рипер (*Carolina Reaper red*). Для исследования бактерицидных свойств капсаицина были выбраны следующие микроорганизмы: *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus* и *Bacillus subtilis*.

3.1 Подготовка образцов

Образцы тайландского перца были высушены в сушильной шкафу в течение 48 часов при температуре 50 °С. Остальные образцы были взяты уже в высушенном виде (Приложение 1, Рис. 2 и 3).

3.2 Методы экстракции

Для экстракции капсаицина из растительного сырья использовали ультразвуковую ванну ВУ-12-«Я-ФП»-03 (Россия) с эффективной мощностью 900 Вт и частотой ультразвука 40 ± 2 кГц. В качестве экстрагентов использовали этиловый спирт с массовой долей 70% и дистиллированную воду. Плоды стручкового перца механически измельчали с помощью кофемолки. Выделение капсаицина из острого перца проводили: при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, в соотношении 1:20 и при постоянном перемешивании в течение одного часа (Метод 1); при температуре $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ при ультразвуковом воздействии с частотой ультразвука 40 кГц, мощностью 900 Вт в течение 45 минут в соотношении 1:20 (Метод 2); трехкратная дробная экстракция (этиловый спирт 40%, 70%, 94%) при температуре $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ в соотношении 1:20 при ультразвуковом воздействии с частотой ультразвука 40 кГц, мощностью 900 Вт в течение 45 минут (Метод 3) [7].

3.3 Создание положительного контроля

В качестве положительного контроля были взяты диски, пропитанные раствором антибиотика. Предварительно была определена чувствительность микроорганизмов к антибиотику «Цефтриаксон» методом серийных разведений. Было сделано пять образцов с разными концентрациями антибиотика, начиная от 100 мг с постепенным уменьшением его количества в 10 раз [8] (Приложение 1, Рис. 4 и 5). Далее диски пропитывались раствором антибиотика заданной концентрации.

3.4 Приготовление мясо-пептонного агара (среда МПА)

Был взят такой вид питательной среды как мясо-пептонный агар. Мясо-пептонный агар (МПА) – это среда общего назначения, которая является неселективной и подходит для культивирования широкого спектра нетребовательных микроорганизмов. Компонентами среды являются желатиновый пептон и мясной экстракт в агаре служат источниками питательных веществ, необходимых для роста микроорганизмов. Они предоставляют необходимые азот, витамины, минеральные соли и аминокислоты [9].

3.5 Приготовление инокулюма из агаровой культуры

Для приготовления инокулюма использовалась чистая суточная культура микроорганизмов, выросших на плотных питательных средах. Были отобраны несколько однотипных, четко изолированных колоний, выросших на неселективных плотных питательных средах. Петлей были перенесено незначительное количество материала с вершущек колоний в пробирку со стерильным физиологическим раствором, плотность инокулюма доведена до 0,5 по стандарту МакФарланда [10].

3.6 Диско-диффузионный метод

Диско-диффузионный метод — это широко используемый тест для оценки чувствительности микроорганизмов к антибиотикам. Этот тест проводится для определения чувствительности культур микроорганизмов к антимикотическим препаратам. Процедура анализа включает в себя несколько этапов: помещения в питательную среду и инкубация биоматериала, идентификация возбудителя, помещение на стандартную питательную среду культуры с целью определения чувствительности к антимикотическим препаратам, установка дисков с антибиотиками, инкубация в течение 20 часов, измерения зоны ингибиции роста [11] (Приложение 1, Рис.6).

3.7 Тонкослойная хроматография

Тонкослойная хроматография-вид хроматографии, основанный на различии в скорости перемещения компонентов смеси в плоском тонком слое сорбента при их движении в потоке подвижной фазы.

При проведении тонкослойной хроматографии объектов растительного происхождения в качестве экстрагента обычно используется этиловый спирт с различной концентрацией, а другие органические растворители применяются реже. Этанол эффективно извлекает как полярные, так и неполярные соединения. Тем не менее, хроматографирование осуществляется с применением элюентов, не всегда содержащих этиловый спирт. В результате некоторые соединения могут оставаться на старте, или зоны адсорбции перемещаются лишь незначительно. Причинами такого поведения могут быть как нерастворимость отдельных компонентов экстрактов, так и их сильная, вплоть до необратимой, адсорбция.

Экстрагирование проводилось путем настаивания при комнатной температуре не менее 24 часов в темном месте. В качестве экстрагента использовали 96% этиловый спирт. Соотношение спирта и образца соответственно (1:10). Элюентом являлась смесь состава: гексан-пропанол-вода (10:1:0,2) (Элюент №1) и этиловый спирт (Элюент №2) [12-13].

Исследование полученных экстрактов проводили на пластинках Merk TLC Silica gel 60 F254 5x10 см, элюирование-в стеклянной хроматографической камере.

Детектирование зон адсорбции проводилось визуально при дневном свете и УФ-свете 200250 нм. Рассчитывали Rf для отдельных зон адсорбции и экстрактов перца (Приложение 1, Табл.1-4)

3.8 Метод капельного анализа

Для обнаружения капсаицина используют качественную реакцию с хлоридом железа и красной кровяной солью. Для этого экстракт, полученный при методе тонкослойной хроматографии наносили на фильтровальную бумагу в виде пятна. После высушивания пятно обрабатывали смесью, состоящей из равных частей 15% раствора хлорида железа и 0,5% раствора красной кровяной соли. Окрашивание пятна в голубой цвет свидетельствовало о присутствии в пробе капсаицина [14] (Приложение 1, Рис.7).

4. Обсуждение результатов

Было проведено два микробиологических эксперимента: в первом эксперименте было исследовано бактерицидное действие экстрактов перцев чили зеленого, красного тайландского и перца чили Каролина Рипер (*Carolina Reaper red*) на микроорганизмы *Escherichia coli* и *Micrococcus luteus*. Во втором эксперименте были также исследованы объекты перец чили Каскабель (*Cascabel Pepper*) и микроорганизм *Bacillus subtilis*.

По результатам первого эксперимента при сравнении результатов было выявлено максимальное и минимальное бактерицидное действие: 9 мм при максимальном результате (Тайландский красный перец чили, Метод 2, *E.coli*) и 5 мм при минимальном результате (все виды перца, Метод 1, *M.luteus*). Более эффективным методом экстракции оказались Метод 3 для культуры *E.coli* и Метод 2 и 3 для *M.luteus*. При этом лучшее бактерицидное действие для культуры *E.coli* показал красный тайландский перец чили; для *M.luteus* – зеленый перец чили. Самое сильное подавление роста было зафиксировано у тайландского красного перца чили. Более чувствительными оказались бактерии *E.coli*. (Приложение 1, Рис.8, Табл.5).

По результатам второго эксперимента было выявлено следующее максимальное и минимальное бактерицидное действие: 11 мм при максимальных результатах (Тайландский красный перец чили, Метод 3, *E.coli*; Каролина Рипер, Метод 2, *M.luteus*) и 0 мм при минимальном результате (зеленый перец и Каскабель, все методы, *B.subtilis*). Как и в первом эксперименте более эффективным методом экстракции оказались Метод 3 для культуры *E.coli* и Метод 2 и 3 для *M.luteus*. При этом лучшее бактерицидное действие для культуры *E.coli* показал красный тайландский перец чили (как и в первом эксперименте); для *M.luteus* – также красный тайландский перец чили. Самое сильное подавление роста было зафиксировано у тайландского красного перца чили и перца Каролина Рипер. Более чувствительными оказались бактерии *E.coli* (как и в первом эксперименте). Подавление роста полностью отсутствовало у микроорганизма *B.subtilis* при взаимодействии с экстрактами зеленого перца чили и перца Каролина Рипер (все методы экстракции). С экстрактами остальных перцев для данного микроорганизма бактерицидное действие было незначительным (Рис.9, Табл.6; Приложение 1).

Отрицательным контролем являлись диски, пропитанные только спиртом и пустые диски, при отрицательном контроле не наблюдалось бактерицидного действия. В качестве положительного контроля был использован антибиотик «Цефтриаксон».

Было также проведено химическое исследование экстрактов перцев - тонкослойная хроматография и метод капельного анализа.

Лучшее разделение экстрактов перца чили на компоненты получилось с использованием диэтилового эфира в качестве элюента. Хроматографический профиль, полученный при использовании в качестве экстрагента смеси

растворителей состава - гексан-пропанол-1-вода (Элюент №1) содержит 8 компонентов, которые детектируются: - только визуально при дневном свете ($Rf_1 = 0,2-0,26$; $Rf_2 = 0,32-0,44$; $Rf_3 = 0,44-0,56$; $Rf_4 = 0,42-0,47$; $Rf_5 = 0,94-0,97$); - при УФ-свете ($Rf_6 = 0,16-0,26$; $Rf_7 = 0,52-0,56$; $Rf_8 = 0,94-0,97$;). При использовании в качестве экстрагента этиловый спирт (Элюент №2) был получен следующий хроматографический профиль: только визуально при дневном свете ($Rf_1 = 0,6-0,66$; $Rf_2 = 0,7-0,74$; $Rf_3 = 0,8$; $Rf_4 = 0,86$; $Rf_5 = 0,89-0,92$; $Rf_6 = 0,94-0,97$); - при УФ-свете были выявлены точки только у образца Каролина Рипер ($Rf_7 = 0,69-0,72$; $Rf_8 = 0,730,76$) (Приложение 1, Рис.10 и 11).

Согласно литературным данным [12] значение Rf капсаицина при подвижной фазе «этиловый спирт» равно 0,60. Таким образом удалось обнаружить капсаицин во всех экстрактах перца, кроме зеленого перца чили. Вероятнее всего, метод тонкослойной хроматографии является неподходящим для детектирования капсаицина в экстракте зеленого перца чили, либо необходим подбор подвижной фазы.

Метод капельного анализа также подтвердил наличие капсаицина во всех образцах. Более темный оттенок у пятен с экстрактами красного перца чили и Каролина Рипер возможно указывает на наибольшую концентрацию капсаицина в образцах.

5. Выводы и заключение

В результате нашего исследования можно сделать следующие выводы:

1. Для исследования бактерицидных свойств капсаицина были выбраны следующие сорта перца: зеленый перец чили, красный тайландский перец чили, перец чили Каролина Рипер (Carolina Reaper red), перец чили Каскабель (Cascabel Pepper); микроорганизмы: *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus* и *Bacillus subtilis*.

2. Были получены экстракты капсаицина из данных сортов перца тремя методами: экстракция в 70% этиловом спирте при нормальных условиях; ультразвуковая экстракция при 50 °С; ультразвуковая дробная трехкратная экстракция;

3. Был проведен диско-диффузионный анализ бактерицидных свойств капсаицина. Самое сильное подавление роста было зафиксировано у тайландского красного перца чили. Более чувствительными оказались бактерии *E.coli*;

4. Лучшее разделение экстрактов перца чили на компоненты получилось с использованием диэтилового эфира в качестве элюента. Было доказано присутствие капсаицина во всех экстрактах перца, кроме зеленого перца чили;

5. Был проведен качественный анализ на наличие капсаицина капельным методом. Он подтвердил наличие вещества во всех образцах. Более темный оттенок у пятен с экстрактами красного перца чили и Каролина Рипер, что, возможно, указывает на наибольшую концентрацию капсаицина в образцах.

В заключении можно сказать, что хоть и незначительно, но капсаицин оказывает бактерицидное воздействие на данные виды микроорганизмов. Причем, более чувствительным микроорганизмом оказалась кишечная палочка. Четких результатов по влиянию метода экстракции капсаицина получить не удалось, что, скорее всего, связано с необходимостью дальнейших исследований методов экстракции и его подбора под конкретную задачу. Что касается сортов перца, то лучшие результаты показал красный перец чили и Каролина Рипер.

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что капсаицин и его бактерицидные свойства является перспективным предметом для дальнейших исследований.

6. Список литературы

- [1] Nascimento P. L. A. et al. Quantification, antioxidant and antimicrobial activity of phenolics isolated from different extracts of *Capsicum frutescens* (Pimenta Malagueta) // *Molecules*. – 2014. – Т. 19. – №. 4. – С. 5434-5447;
- [2] Марини Э. и др. Антимикробная и противовирусная активность капсаицина в отношении устойчивых к эритромицину, инвазивных в клетки стрептококков группы А // *Frontiers in microbiology*. — 2015. — Т. 6. — С. 1281;
- [3] Зависимость окраски плодов перца от соотношения основных пигментов и профиля экспрессии генов биосинтеза каротиноидов и антоцианов / М.А. Филюшин, Е.А. Джос, А.В. Щенникова, Е.З. Кочиева // *Физиология растений*. – 2020. – Т. 67, № 6. – С. 644-653.
- [4] Фюхтбауэр С. и др. Антибактериальные свойства капсаицина и его производных и их потенциал в борьбе с устойчивостью к антибиотикам — обзор литературы // *Европейский журнал микробиологии и иммунологии*. — 2021. — Т. 11. — №. 1. — С. 10-17;
- [5] Periferakis A. T. et al. Antimicrobial properties of capsaicin: available data and future research perspectives // *Nutrients*. – 2023. – Т. 15. – №. 19. – С. 4097;
- [6] Li Y. et al. The possible effects of chili peppers on ADHD in relation to the gut microbiota // *Frontiers in Nutrition*. – 2025. – Т. 12. – С. 1551650.
- [7] Адамцевич Н. Ю., Болтовский В. С. Экстракция флавоноидов из цветков бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium* L.) различными методами.- 2021;
- [8] Семина Н. А. и др. МУК 4.2. 1890-0.4 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: методические указания // Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004. – С. 18-40;
- [9] Мясо-пептонный агар (МПА) от компании BioMedia [Электронный ресурс]: Biomedica//<https://bio-media.ru/catalog/pischevaya-promyshlennost/gotovaya-pitatelnaya-sreda-myaso-peptonnyu-agar>/<https://bio-media.ru/catalog/pischevayapromyshlennost/gotovaya-pitatelnaya-sreda-myaso-peptonnyuagar/?ysclid=m2nc5rehyh437971675>// (дата обращения 12.06.2024);
- [10] Эйдельштейн М. В. и др. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам // *Клинические рекомендации. Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии*. – 2014. – С. 175-195.
- [11] Диск-диффузионный метод [Электронный ресурс]: Научно-исследовательский центр фармакотерапии //https://nicf.spb.ru/disk_dif_metod/ (дата обращения 12.06.2024).
- [12] Козлова Е. М., Ларионов Е. А., Ларионова В. М. Исследование экстрактов красного молотого перца методом тонкослойной хроматографии/

/Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – №. 12-3 (87). – С. 156-159.

[13]Капсаицин: Свойства и методы исследования [Текст] / Капсаицин: Свойства и методы исследования // Криминалистический вестник. — 2013. — № 2 (20). — С. 192-200.

[14]. Гвытьев А.И. Исследование газовых аэрозольных баллонов / А.И. Гвытьев // Экспертная практика. — 1982. — Т. 22. — № 3. — С. 15—19.

7. Приложение 1

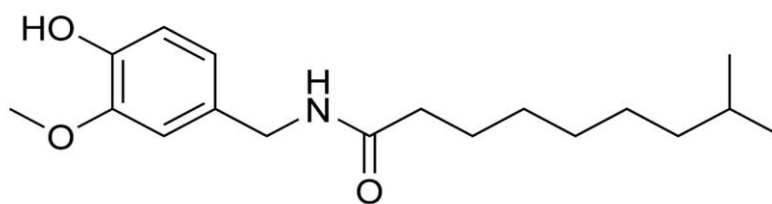


Рис.1. Структурная формула капсаицина



Рис.2. Образцы красного перца чили во время сушки



Рис.3 Высушенные перемолотые образцы перца

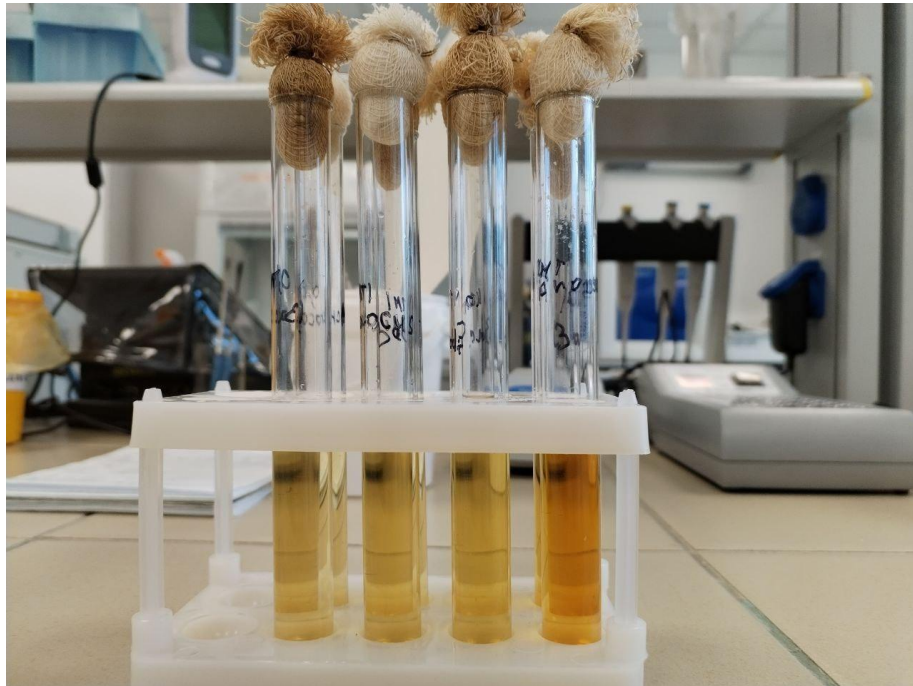


Рис.4 Определение чувствительности антибиотика на жидкой среде

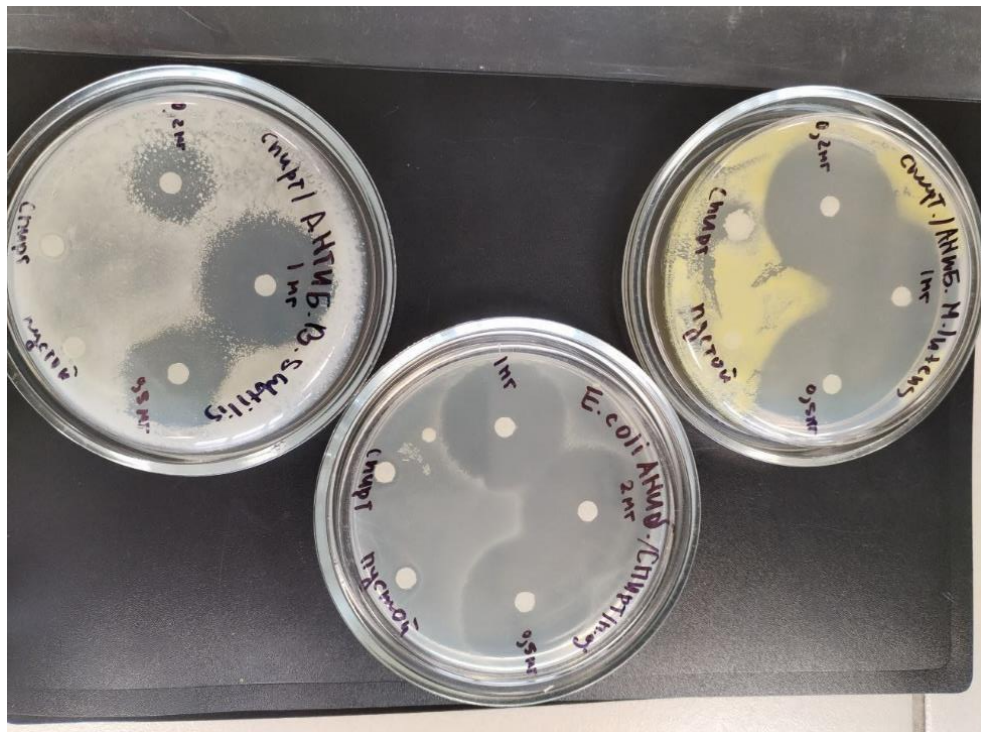


Рис.5 Положительный контроль-антибиотик «Цефтриаксон»

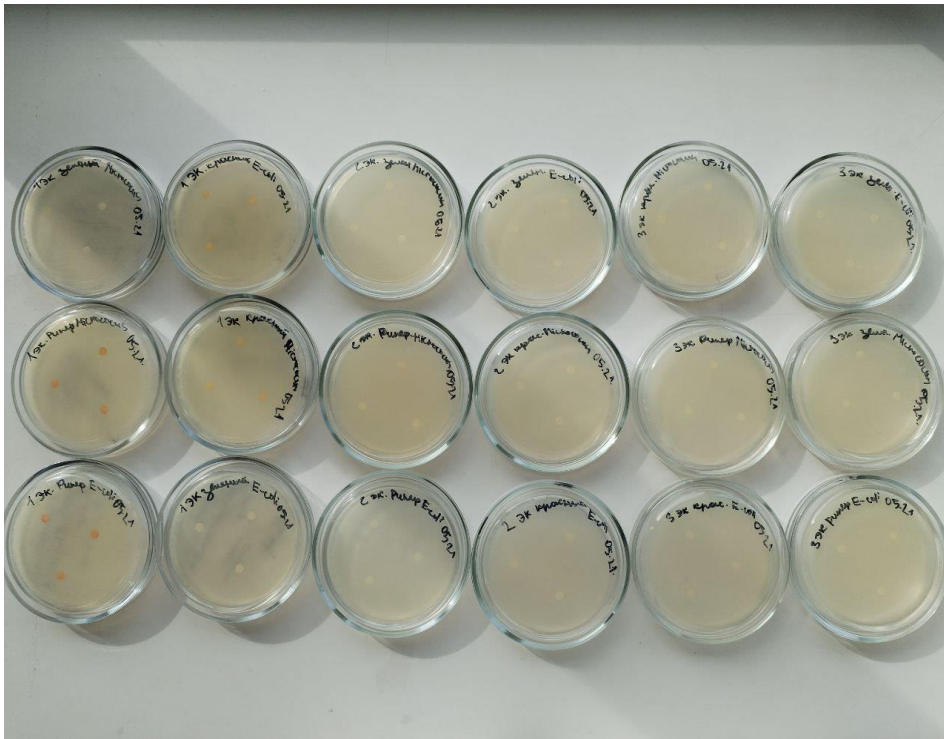


Рис.6 Диско-диффузионный метод

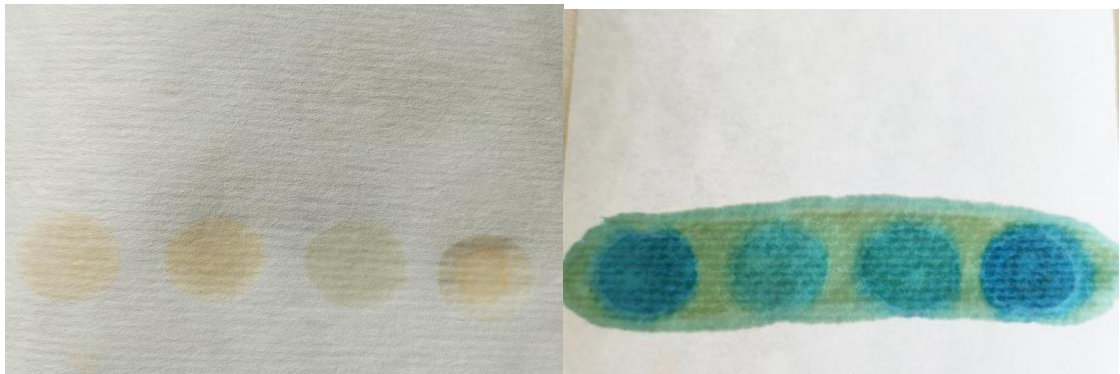


Рис.7 Метод капельного анализа

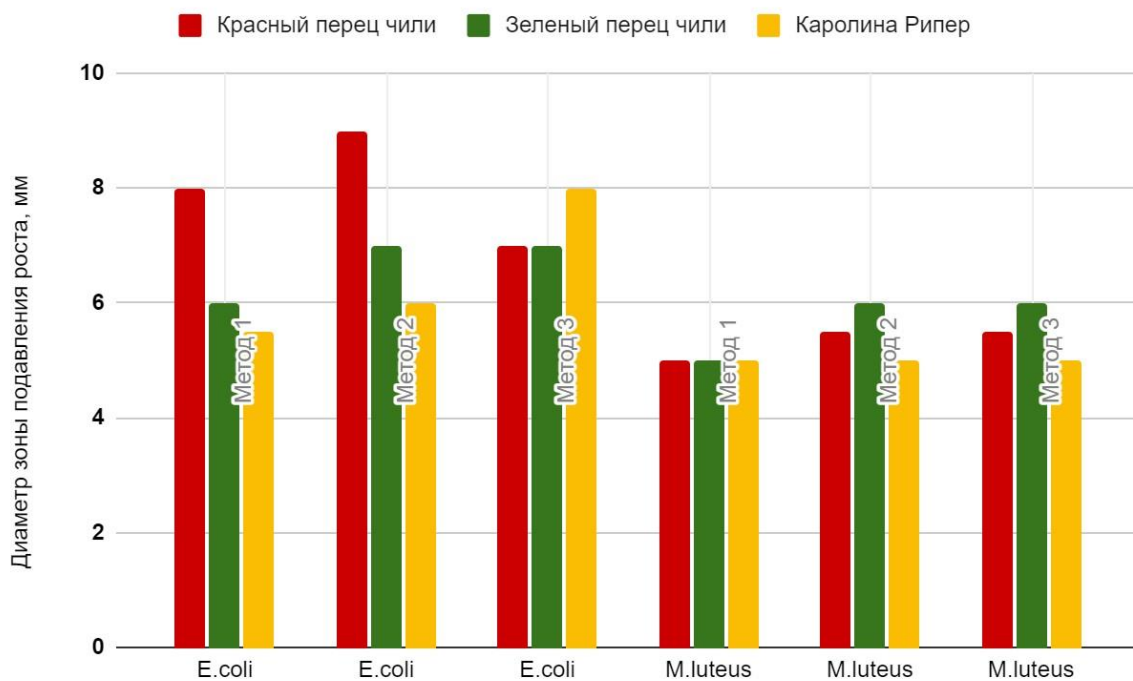


Рис.8 Результаты исследования диаметра зоны подавления роста микроорганизмов

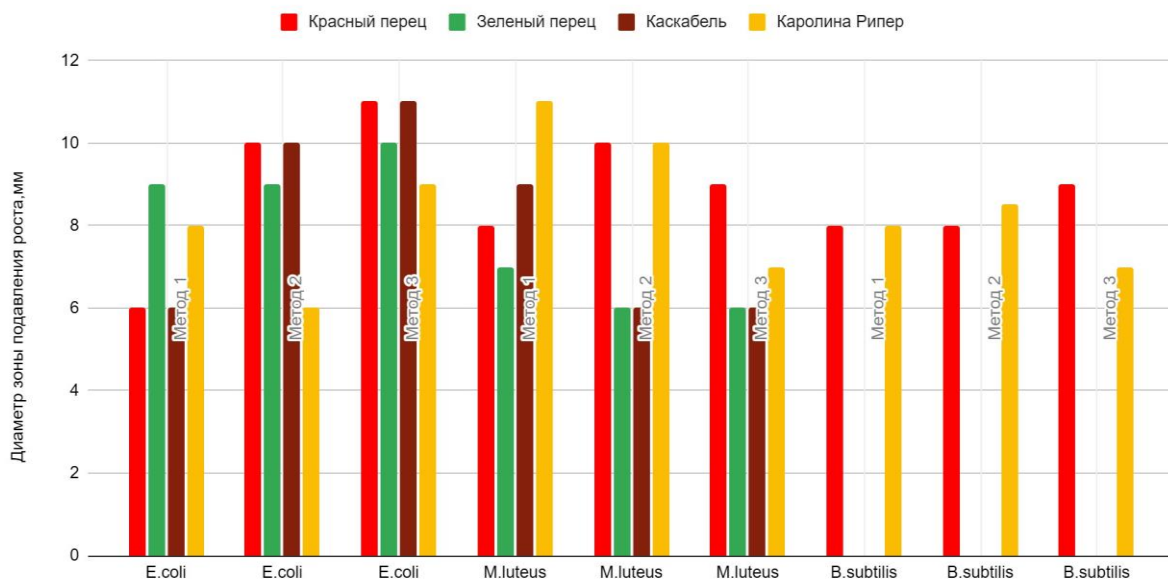


Рис.9 Результаты повторного исследования диаметра зоны подавления роста микроорганизмов

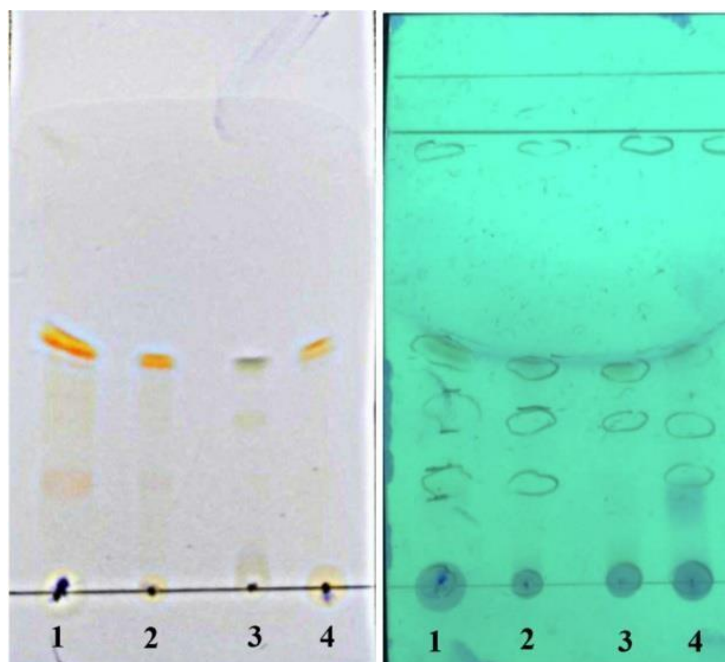


Рис.10 Тонкослойная хроматография перца Элюент №1 (дневной свет и УФ-свет), где 1 - красный перец; 2 -Каскабель; 3 - зеленый перец; 4 - Каролина Рипер

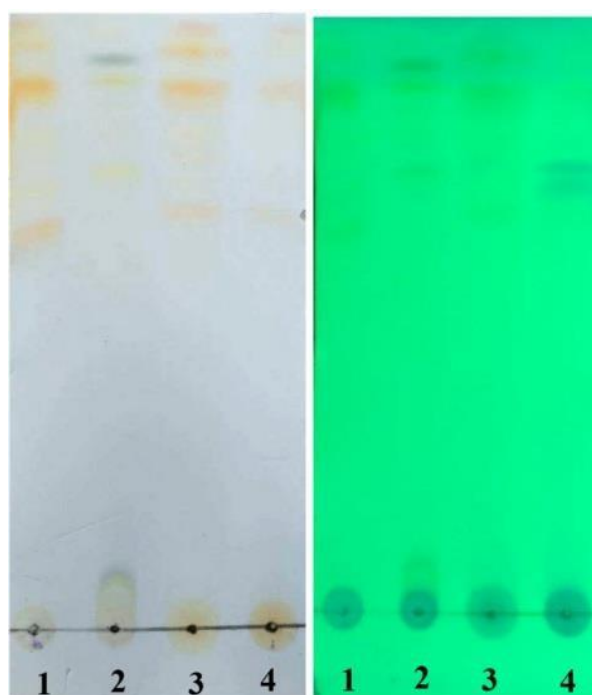


Рис.11 Тонкослойная хроматография экстрактов перца Элюент №2 (дневной свет и УФ-свет), где 1красный перец; 2 -зеленый перец; 3 -Каскабель ; 4 -Каролина Рипер

Таблица 1. Хроматографическая подвижность компонентов экстрактов перца при дневном свете (Элюент №1)

№ пятна	Цвет пятна				Rf			
	Красный перец	Каскабель	Зеленый перец	Каролина Рипер	Красный перец	Каскабель	Зеленый перец	Каролина Рипер
1	Розовое	Розовое	-	Розовое	0,2–0,26	0,2-0,26	-	0,2-0,26
2	Желтое	Желтое	Желтое	Желтое	0,32-0,44	0,32-0,38	0,32-0,38	0,32-0,38
3	Ярко оранжевое	Ярко оранжевое	Ярко зеленое	Ярко оранжевое	0,48-0,56	0,44-0,5	0,44-0,5	0,48-0,52
4	Розовое	Розовое	Розовое	Розовое	0,46-0,47	0,42-0,43	0,42-0,43	0,46-0,47
5	Оранжевое	Оранжевое	Зеленый	Оранжевое	0,94-0,97	0,94-0,97	0,94-0,97	0,94-0,97

Таблица 2. Хроматографическая подвижность компонентов экстрактов перца при ультрафиолете (Элюент №1)

№ пятна	Цвет пятна	Rf
1.	Ярко голубое	0,16-0,26
2.	Ярко голубое	0,52-0,56
3.	Бледно голубое	0,94-0,97

Таблица 3. Хроматографическая подвижность компонентов экстрактов перца при дневном свете (Элюент №2)

№ пятна	Цвет пятна				Rf			
	Красный перец	Каскабель	Зеленый перец	Каролина Рипер	Красный перец	Каскабель	Зеленый перец	Каролина Рипер
1	Розовое	Розовое	-	Розовое	0,6–0,65	0,62-0,66	-	0,62-0,66
2	Желтое	Желтое	Желтый	-	0,7-0,74	0,7-0,74	0,7-0,74	-
3	Желтое	Желтое	Желтое	-	0,8	0,8	0,8	-
4	Ярко оранжевое	Ярко оранжевое	Зеленое	Оранжевое	0,86	0,86	0,86	0,86
5	Оранжевое	Оранжевое	Темно зеленое	-	0,89-0,92	0,89–0,92	0,88-0,9	-
6	Красный	Красный	Оранжевый	Красный	0,94-0,97	0,94-0,97	0,94-0,97	0,94-0,97

Таблица 4. Хроматографическая подвижность компонентов экстрактов перца при ультрафиолете (Элюент №2)

№ пятна	Цвет пятна	Rf	Rf		
			Красный перец	Каскабель	Зеленый перец
Каролина Рипер					
Ярко голубое	-	-	-	0,69-0,72	
Ярко голубое	-	-	-	0,73-0,76	

Таблица 5. Результаты исследования диаметра зоны подавления роста микроорганизмов

	E.coli			M.luteus		
	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Метод 1	Метод 2	Метод 3
Таиландский красный перец чили	8 мм	9 мм	7 мм	5 мм	5,5 мм	5,5 мм
Зеленый перец чили	6 мм	7 мм	7 мм	5 мм	6 мм	6 мм
Перец чили Каролина Рипер	5,5 мм	6 мм	8 мм	5 мм	5 мм	5 мм

Таблица 6. Результаты повторного исследования диаметра зоны подавления роста микроорганизмов

	E.coli			M.luteus			B.subtilis		
	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Метод 1	Метод 2	Метод 3
Таиландский красный перец чили	6 мм	10 мм	11 мм	8 мм	10 мм	9мм	8 мм	8 мм	9 мм
Зеленый перец чили	9 мм	9 мм	10 мм	6 мм	7 мм	6 мм	0 мм	0 мм	0 мм
Перец чили Каролина Рипер	8 мм	6 мм	мм	10 мм	10 мм	7 мм	8 мм	8,5 мм	7 мм
Перец чили Каскабель	6 мм	10 мм	мм	6 мм	9 мм	6 мм	0 мм	0 мм	0 мм