

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
имени Б.В. Всесвятского

Тематическое направление
«Зеленая инженерия»

**СОЗДАНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОК
ИЗ АЛЬГИНАТА НАТРИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ НАТУРАЛЬНОГО
ИНДИКАТОРА pH ДЛЯ УПАКОВКИ ПРОДУКТОВ**

Автор:
Кемская Евгения Игоревна
Россия, Мурманская область, г. Снежногорск
МАУДО «ДДТ «Дриада», 10 класс

Научный руководитель:
Хиневич Евгения Сергеевна,
кандидат социологических наук, педагог
дополнительного образования МАУДО «ДДТ «Дриада»

г. Москва
2026 г.

Оглавление

Введение	3
Глава I. Теоретическая часть исследования	
1.1. Альгинат натрия.....	5
1.2. Индикаторы рН.....	6
1.3. Альтернативы пластику. Анализ теоретического материала	7
1.4. Выписка из Технического регламента Таможенного союза.....	8
Глава II. Практическая часть исследования	
2.1. Создание натуральных индикаторов и исследование их работы (Эксперимент №1, 2).....	8
2.2. Создание альгинатной пленки с добавлением индикаторов (Эксперимент №3, 4).....	10
2.3. Исследование периода разложения пленки (Эксперимент №5).....	10
Заключение	12
Список использованной литературы	13
Приложения	

Введение

Актуальность исследования. В свете глобальных проблем с отходами и загрязнением окружающей среды всё больше внимания уделяется разработке экологически чистых упаковочных материалов. Плёнки на основе альгината разлагаются естественным образом, в отличие от традиционной пластиковой упаковки, которая сохраняется в окружающей среде длительное время.

Альгинат создаёт защитный слой вокруг продуктов питания, способствуя сохранению свежести и продлению срока годности. Это свойство особенно полезно для скоропортящихся продуктов, поскольку сокращает количество пищевых отходов и повышает общее качество упакованных продуктов. Плёнки на его основе могут быть интегрированы с противомикробными препаратами, антиоксидантами и индикаторами для продления срока годности пищевых продуктов и контроля качества.

Цель исследования: изучить возможность использования альгинатных пленок с добавлением натуральных индикаторов вместо пластиковой упаковки для продуктов питания, а также их экологичность.

Задачи исследования:

1. Проанализировать применение альгинатов как основного компонента для создания экологичной упаковки продуктов ежедневного использования.

2. Экспериментальным путем создать натуральные индикаторы pH раствора из ягод винограда и клюквы.

3. В ходе химического анализа проверить качество полученных натуральных индикаторов pH раствора, необходимых для создания экологически чистых альгинатных пленок.

4. Создать альгинатную пленку с добавлением индикаторов и проверить эффективность их работы в составе пленки.

5. Провести исследование на биоразлагаемость образцов полученных пленок в почве.

Гипотеза: использование альгинатных пленок вместо пластиковой упаковки продуктов питания будет более экологичным, надежным и удобным в использовании, а добавление натуральных индикаторов pH позволит визуально определять свежесть продукта и его готовность к употреблению.

Объект – биоразлагаемые пленки из альгината натрия.

Предмет – альгинатные пленки с добавлением натуральных индикаторов как альтернатива пластиковой упаковке для продуктов питания.

Методы исследования:

1. Теоретические: изучение информационных источников, обобщение, систематизация.

2. Практические: самостоятельное создание альгинатных пленок с добавлением натуральных индикаторов pH, эксперимент.

Новизна исследования. В исследовательской работе изучена актуальность замены пластиковых упаковок для продуктов питания и создано решение данной проблемы.

Практическая значимость темы исследования:

- Увеличение срока хранения продуктов.
- Снижение вредного воздействия на окружающую среду.
- Повышение энергоэффективности.
- Возможность использования в качестве альтернативы искусственным пищевым консервантам.

Глава I. Теоретическая часть исследования

1.1. Альгинат натрия

Альгинат натрия (брутто-формула $(C_6H_9NaO_7)_n$) – это органическая натриевая соль альгиновой кислоты [6]. Название ИЮПАК 3,4,5,6-тетрагидроксиоксан-2-карбоксилат натрия. Обычно представляет собой белый (желтоватый) гигроскопичный порошок без цвета, со слабым запахом. Растворим в воде с образованием вязкого коллоидного раствора, является гидрогелем. Нерастворим в спиртах, углеводородах, сложных эфирах. Тривиальное название – альгин. Получают из водорослей процессом экстракции. Включает шесть этапов:

- 1) Предварительная обработка биомассы водорослей, которая направлена на разрушение клеточной стенки.
- 2) Кислотная обработка.
- 3) Щелочная экстракция.
- 4) Осаждение альгиновой кислоты.
- 5) Отбеливание.
- 6) Сушка.

Также получают бактериальный альгинат с помощью бактерий *Pseudomonas* и *Azotobacter* (в своем исследовании использовали растительный пищевой альгинат).

Альгинат натрия используется в пищевой промышленности как пищевая добавка E401. Также применим в качестве загустителя, стабилизатора, увлажняющего агента. В медицине используется в виде геля в составе препаратов. Активно используется в молекулярной кухне [7].

Является анионным полимером. Состоит из маннуроновой и гулууроновой кислот, расположенных в различных комбинациях (Приложение Рис. 1.1., Рис 1.2.)

Свойства альгината зависят от количества маннуроновой кислоты (М) и гулууроновой кислоты (Г). Высокое соотношение гулууроновой кислоты обеспечивает хорошую способность к образованию связей, низкий же уровень данной кислоты формирует гибкую структуру полимера. Именно способ получения альгината определяет соотношение остатков кислот в составе и его физические и химические свойства. Также состав определяет вязкость раствора и толщину пленки[4].

Альгинат - линейный полисахарид с умеренным разветвлением, он способен формировать пленки с высокой прочностью при реакции с катионами металлов (кальций, магний, марганец, алюминий, железо и др.). Применение различных консервантов и биополимеров может улучшить качество пленки и минимизировать недостатки сырья (однокомпонентных пленок). Свойства пищевых пленок и покрытий можно изменять по гидрофобно-гидрофильным характеристикам некоторых биополимеров. Гидрофобные молекулы положительно влияют на барьерные свойства для влаги, и, наоборот, гидрофильные молекулы способствуют получению материалов с повышенными

прочностными характеристиками и низкой газопроницаемостью. Альгинаты образуют прозрачные однородные водорастворимые пленки с высокой устойчивостью к жирам и низкой проницаемостью для кислорода [5].

Альгинаты способны разлагаться, что позволяет активно эксплуатировать данные вещества, как в составе продуктов, так и для их экологичной упаковки.

В исследуемой области проводятся многочисленные исследования, связанные с введением данной альтернативы, получены патенты на способ получения белково-полисахаридной биоразлагаемой пленки (2015, RU2604223C1), получение биоразлагаемой пленки на основе пектина и хитозана (2010, RU2458077C1) и др.

1.2. Индикаторы pH

Индикатор pH – вещество, обнаруживающее состояние среды и (или) наличие химической реакции в растворе [8]. С их помощью возможно быстрое определение pH раствора. Индикаторы изменяются как визуально, так и с помощью других физических методов измерения. Они позволяют быстро и достаточно точно контролировать состав растворов или газов, следить за изменением их состава, или за протеканием химической реакции.

Распространены кислотно-основные индикаторы, разбавленные растворы которых обладают способностью заметно изменять цвет, в зависимости от количества катионов H^+ в растворе. Причина изменения цвета — изменения в строении молекул индикатора в кислой и щелочной среде, что приводит к изменению спектра поглощения света.

Для определения состава газовых сред используют индикаторную бумагу и индикаторные трубки.

Самые распространенные синтетические индикаторы pH:

1. Лакмус (красный в кислой среде, фиолетовый в нейтральной среде, синий в щелочной среде)
2. Фенолфталеин (бесцветный в кислой среде, бесцветный в нейтральной среде, малиновый в щелочной среде)
3. Метилоранж (красный в кислой среде, оранжевый в нейтральной среде, желтый в щелочной среде) (Приложение Рис. 1.3.).

1.3 Альтернативы пластику. Анализ теоретического материала

По официальной статистике Российской Федерации по состоянию на 2024 год было произведено 453.4 тысячи тонн отходов от производства резиновых и пластиковых изделий, в том числе и от производства пластиковых упаковок для продуктов питания [11].

Пластиковые отходы накапливаются в окружающей среде, загрязняя водные и сухопутные экосистемы. Микрочастицы пластика могут попадать в пищу, а далее и в организмы животных и человека, вызывая серьезные проблемы для здоровья. Также пластик представляет угрозу для морской фауны, приводя к гибели множества видов.

Способы борьбы с большим количеством пластиковых отходов: для снижения негативного воздействия пластика на окружающую среду необходимо принимать комплексные меры. Необходимо уменьшать производство и потребление пластиковых изделий, находить новые способы переработки отходов, минимизировать проблемы в этой сфере и привлечь больше общественного внимания.

Воздействие микропластика на людей и окружающую среду: микропластик – это крошечные частицы пластика размером менее 5 мм, которые широко распространены в окружающей среде. Микропластик образуется в результате разложения отходов или намеренного его производства. Микропластик способен накапливаться в организме животных и человека.

Для сокращения потребления пластика можно применять различные стратегии, такие как повышение эффективности упаковки, стимулирование перехода на более экологически чистые материалы, внедрение систем переработки и утилизации отходов, а также проведение образовательных кампаний.

Биоразлагаемые материалы и альтернативы. Развитие биоразлагаемых материалов и альтернативных упаковок является одним из важнейших направлений в борьбе с пластиковым загрязнением. Биопластик, полимеры на основе растительных отходов и другие экологически безопасные материалы могут заменить традиционные пластиковые изделия.

Из числа пищевых продуктов они найдены в соли, меде, напитках (пиво, минеральная вода, вино), сахаре и в особенно больших количествах — в рыбе и морепродуктах, таких как моллюски (мидии, устрицы, гребешки). Ученые пришли к выводу, что за год человек может проглотить с пищей и водой количество микропластика, равное 5–10 пластиковым пакетам.

Существует также проблема нанопластиков - частиц менее 1 микрона. Нанопластики (в отличие от микропластиков) практически не видны в световом микроскопе, и для их обнаружения требуются сложные, дорогие и недостаточно разработанные методы.

Влияние микропластика на здоровье пока еще является предметом исследований, однако уже выявлены некоторые потенциальные негативные последствия. Например, некоторые исследования показывают, что микрочастицы пластика могут проникать в клетки организма, вызывая воспалительные реакции. Это может привести к различным заболеваниям, включая аллергии, астму, а также повышенный риск развития рака.

Некоторые из преимуществ альгинатной оболочки: 100 % растительный продукт – подходит для людей, употребляющих только вегетарианскую еду, и тех, кто ест только продукты растительного происхождения; не содержит аллергенов и ГМО; подходит для всех систем соэкструзии; эластичная, не ломается, обеспечивает однотипность готового продукта; подходит для множества типов пищевых продуктов; длительный срок годности – около шести месяцев; устойчивость к высоким и низким температурам.

1.4. Выписка из Технического регламента Таможенного союза

Упаковка подразделяется по используемым материалам на следующие типы: металлическая, полимерная, бумажная и картонная, стеклянная, деревянная, из комбинированных материалов, из текстильных материалов, керамическая.

Статья 5. Требования безопасности [3].

- Упаковка (укупорочные средства) и процессы ее хранения, транспортирования и утилизации должны соответствовать требованиям безопасности настоящей статьи.

- Упаковка (укупорочные средства) должна быть спроектирована и изготовлена таким образом, чтобы при ее применении по назначению обеспечивалась минимизация риска, обусловленного конструкцией упаковки (укупорочных средств) и применяемыми материалами.

- Безопасность упаковки должна обеспечиваться совокупностью требований к применяемым материалам, контактирующим с пищевой продукцией, в части санитарно-гигиенических показателей, механическим показателям, химической стойкости, герметичности.

- Упаковка, контактирующая с пищевой продукцией, включая детское питание, должна соответствовать санитарно-гигиеническим показателям.

- Упаковка, предназначенная для упаковывания пищевой продукции, включая детское питание, парфюмерно-косметической продукции, игрушек, изделий детского ассортимента, не должна выделять в контактирующие с ними модельные и воздушную среды вещества в количествах, вредных для здоровья человека, превышающих предельно допустимые количества миграции химических веществ.

- Упаковка по механическим показателям, химической стойкости и герметичности (если они предусмотрены конструкцией и назначением упаковки) должна соответствовать требованиям безопасности.

Упаковка полимерная [3; п. 6.3]:

- должна обеспечивать герметичность;
- должна выдерживать установленное количество ударов при свободном падении с высоты без разрушения (для укупоренных изделий, кроме парфюмерно-косметической продукции);
- должна выдерживать сжимающее усилие в направлении вертикальной оси корпуса упаковки (кроме пакетов и мешков);
- не должна деформироваться и растрескиваться при воздействии горячей воды (кроме пакетов и мешков);
- ручки упаковки должны быть прочно прикреплены к ней и выдерживать установленную нагрузку;
- сварной и клеевой швы упаковки не должны пропускать воду;
- должна выдерживать установленную статическую нагрузку при растяжении (для пакетов и мешков);
- внутренняя поверхность упаковки должна быть стойкой к воздействию упаковываемой продукции.

Глава II. Практическая часть исследования

2.1 Создание натуральных индикаторов и исследование их работы

Эксперимент №1.

В данном эксперименте описан способ создания натуральных индикаторов pH раствора. В качестве сырья для создания натуральных индикаторов использовали: свежий виноград сорта кишмиш, клюкву замороженную. (Эксперимент проводится по методике Ветчинского)

Оборудование: емкости для измельчения, венчик, химические стаканы, фильтровальная бумага, воронка, пробирки, пипетки, стеклянные палочки, сито.

1. Поместить ягоды в емкости
(Приложение Рис 2.1.)
2. Измельчить сырье до получения сока.
(Приложение Рис 2.2.)
3. Добавить карбонат кальция (CaCO_3) с целью избавления от бензойной кислоты (на 1 часть мела приходится 40 частей ягод).
(Приложение Рис 2.3.)
4. Поместить полученный раствор на фильтровальную бумагу
(Приложение Рис 2.4.)
5. После фильтрации останется сок, который и является индикатором pH раствора.
(Приложение Рис 2.5.)

Эксперимент №2. Далее исследовали качество полученных индикаторов. Для изменения среды раствора использовали уксусную кислоту (CH_3COOH), раствор жидкого мыла ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$). В пробирки добавляли одинаковое количество как раствора индикатора, так и веществ, изменяющих среду раствора.

Индикатор из винограда показал, что в нейтральной среде имеет бежевый оттенок, в кислой среде приобретает ярко-розовый цвет, в щелочной изменяет окраску на бледно-розовый (Приложение Рис 2.6.).

Индикатор из клюквы показал, что в нейтральной среде имеет красный оттенок, в кислой среде изменяет цвет на красно-розовый, в щелочной среде приобретает ярко-розовый оттенок (Приложение Рис 2.7.).

Оба индикатора обладают достаточным качеством, чтобы изменять свой цвет при малейшем изменении среды. Данные индикаторы pH подходят для использования в альгинатных пленках для упаковки продуктов питания.

Вывод: были созданы индикаторы pH среды раствора из натуральных компонентов, а точнее, из ягод винограда, ягод клюквы и карбоната кальция (CaCO_3). Состав полученных индикаторов является полностью пищевым и не несет угроз организму человека при случайном употреблении.

2.2 Создание альгинатной пленки с добавлением индикаторов

Эксперимент №3. Для создания пленок использовали пищевую добавку E401 (альгинат натрия), глицерин ($C_3H_8O_3$) и натуральные индикаторы (Эксперимент №1). (Список литературы пункт 5).

Глицерин размягчает пленки, делает их более эластичными, улучшает также и другие характеристики.

Оборудование: химические стаканы, стеклянные палочки, пипетки, чашки петри.

1. Растворить альгинат натрия в воде (на 1 часть альгината приходится 25 частей воды).

2. Добавить 7-10 капель глицерина в раствор.

2. Добавить в раствор альгината натрия натуральные индикаторы.

3. Разлить раствор по чашкам петри и дождаться полного застывания пленки. (Приложение Рис 2.8.).

Эксперимент №4. Проверка работы индикаторов в составе пленки.

Далее исследовали качество полученной пленки с добавлением натуральных индикаторов. Для растворов, которые изменяют среду, использовали уксусную кислоту (CH_3COOH) и раствор жидкого мыла ($C_{17}H_{35}COOK$) (Приложение Рис 2.9.).

Цвета полученных пленок изменяются в соответствии с изменением цвета растворов того же индикатора при изменении рН среды (Приложение Рис 2.10.).

Цвета полученных пленок изменяются в соответствии с изменением цвета растворов того же индикатора при изменении рН среды. Далее исследовали качество полученной пленки. Оценка производилась по прочности, паропроницаемости, устойчивости к температурам, чувствительности к рН среды.

После оценки качества образцов пришли к выводу, что данная пленка подходит для упаковки продуктов, она способна качественно защищать пищу от внешнего воздействия во время транспортировки и хранения. Глицерин обеспечивает достаточную прочность изделия, а индикаторы позволяют определять свежесть и готовность продукта к употреблению. Также низкая паропроницаемость позволит продукту долго оставаться свежим, т.к. пары жидкости не будут испаряться через упаковку.

2.3. Исследование периода разложения пленки

Эксперимент №5. Для оценки экологичности полученного продукта использовали почву. В нее были помещены два образца пленки (с каждым видом индикатора), тест проходил в течение 3 недель.

Тест на биоразлагаемость в почве показал, что все образцы пленок обладают хорошей биодegradацией. Через неделю образцы пленок скомковались и начали покрываться плесенью. Примерно через 14 дней образовался биогумус из более однородных и пористых образцов пленок, так как при этих условиях реакция разложения происходит быстрее. Также появилась плесень, которая разрушает

пленку своим мицелием. Кроме того, грибы в процессе метаболизма образуют органические кислоты, которые способны разрушать пленки.

Заключение

1. Применение альгинатов как основного компонента для создания экологичной упаковки продуктов ежедневного использования в последние годы становится все более популярным. Это связано с тем, что альгинаты образуют пленки с высокой устойчивостью к жирам и низкой проницаемостью для кислорода, которые хорошо подходят для эко-упаковки продуктов, способны качественно защищать пищу от внешнего воздействия во время транспортировки и хранения. Подобные пленки быстро разлагаются и не наносят ущерб окружающей среде, позволяя отказаться от использования для этих целей пластика.

2. В ходе экспериментальной работы было создано 2 индикатора рН раствора на основе натуральных продуктов (свежих ягод винограда, замороженных ягод клюквы) и карбоната кальция. Состав полученных индикаторов является полностью пищевым и не несет угроз организму человека при употреблении.

3. В ходе химического анализа доказано качество полученных натуральных индикаторов рН раствора. Оба индикатора обладают достаточным качеством, чтобы изменять свой цвет при малейшем изменении среды. Полученные индикаторы рН подходят для использования в альгинатных пленках для упаковки продуктов питания.

4. Создана альгинатная пленка на основе пищевой добавки Е401 и глицерина с добавлением индикаторов. Доказана эффективность работы индикаторов в составе пленки: цвета пленок изменялись в соответствии с изменением цвета растворов того же индикатора при изменении рН среды. В ходе экспериментального исследования доказана эффективность полученной пленки по показателям прочности, паропроницаемости, устойчивости к температурам и чувствительности к рН среды.

5. Исследование на биоразлагаемость образцов полученных пленок в почве показало, что все образцы пленок обладают хорошей биodeградацией: через неделю образцы пленок скомковались и начали покрываться плесенью. Примерно через 14 дней образовался биогумус из более однородных и пористых образцов пленок, так как при этих условиях реакция разложения происходит быстрее.

На сегодняшний день пленки из альгината используются только в колбасном производстве. Но в мире актуален вопрос более масштабного использования данной альтернативы пластику. Несмотря на более дорогой материал, использование альгината позволит существенно сократить загрязнение планеты.

Список использованной литературы

1. Российская Федерация. «Федеральный закон о качестве и безопасности пищевых продуктов» [Электронный ресурс]–URL:
3. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности упаковки" ТР ТС 005/2011 [Электронный ресурс]– URL:
5. Чайтанья Мета, Шрути Павари Васанти Суварна «Последние достижения в области производства пленок на основе альгината для упаковки пищевых продуктов» [Электронный ресурс]–URL:
7. «3.3Альгинаты» [Электронный ресурс]–URL:
9. БишопЭ.«Индикаторы.Том1»[Электронный ресурс]–URL:

- URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-plenok-na-osnove-zhelatina-dlya-sohraneniya-kachestva-pischevyh-produktov/viewer> (Дата обращения: 20.09.2025)
11. Марикармен Иньигес-Морено, Хуан Артуро Рагаццо-Санчес, Монтсеррат Кальдерон-Сантойо «Обширный обзор натуральных полимеров, используемых в качестве покрытий для продления срока годности после сбора урожая: тенденции и вызовы» [Электронный ресурс]–URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34641086/> (Дата обращения: 22.09.2025)
 12. Тихонов С.Л., Тихонова Н.В., Ногина А.А.«Технология и оценка качества пищевых пленок» [Электронный ресурс]–URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-i-otsenka-kachestva-pischevyh-plenok/viewer> (Дата обращения 22.09.2025)
 13. Вэньчжан Чэнь, Шаобо Ма, Цянькунь Ван, Дэвид Джулиан Макклементс, СюэбоЛю, В Нгаи, ФугоЛю «Обогащение съедобных пленок биологически активными веществами: обзор их формирования, свойств и применения в консервировании пищевых продуктов» [Электронный ресурс]–URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33554629/> (Дата обращения: 22.09.2025)

Рис. 1.1. Молекула альгината натрия

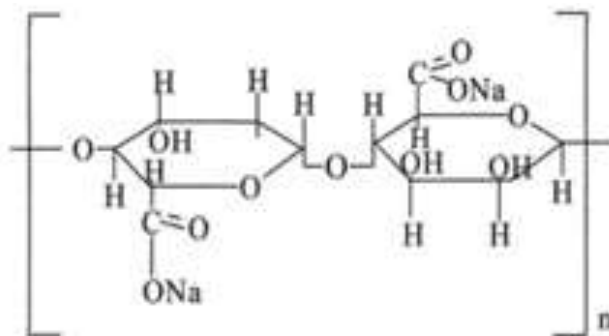


Рис. 1.2. Структурные характеристики альгинатов (а-мономеры альгината; б-конформация цепи; в-блочное распределение)

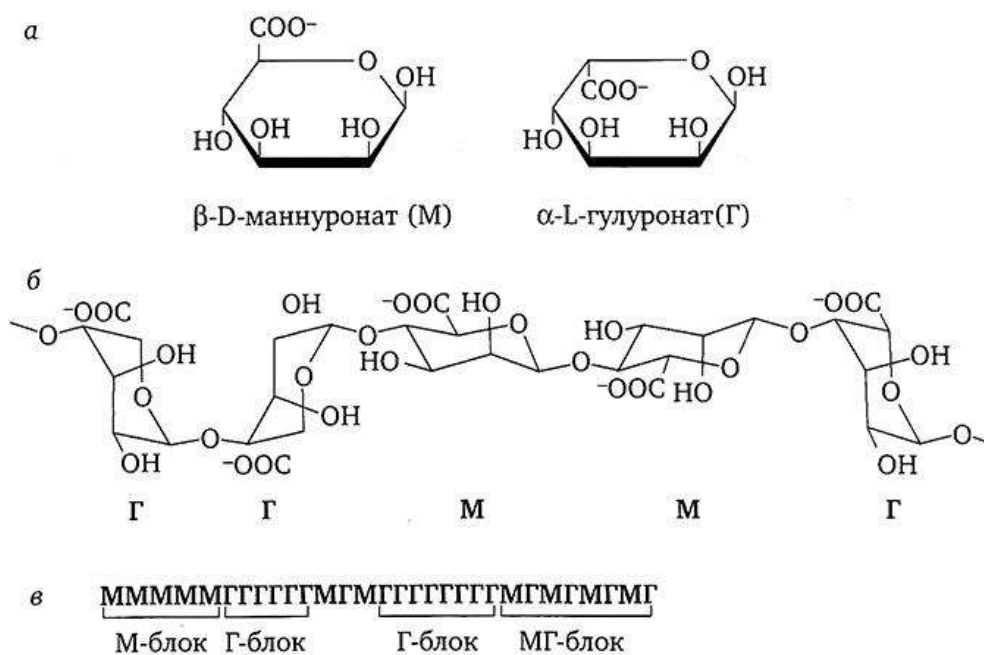


Рис. 1.3. Таблица изменения цветов синтетических индикаторов pH

Индикатор	Цвет индикатора в среде		
	Кислая	Нейтральная	Щелочная
Лакмус	Красный	Фиолетовый	Синий
Фенолфталеин	Бесцветный	Бесцветный	Малиновый
Метилвый оранжевый	Розовый	Оранжевый	Жёлтый

Приложение №2

Рис 2.1. – ягоды клюквы и винограда



Рис 2.2. – измельченные ягоды



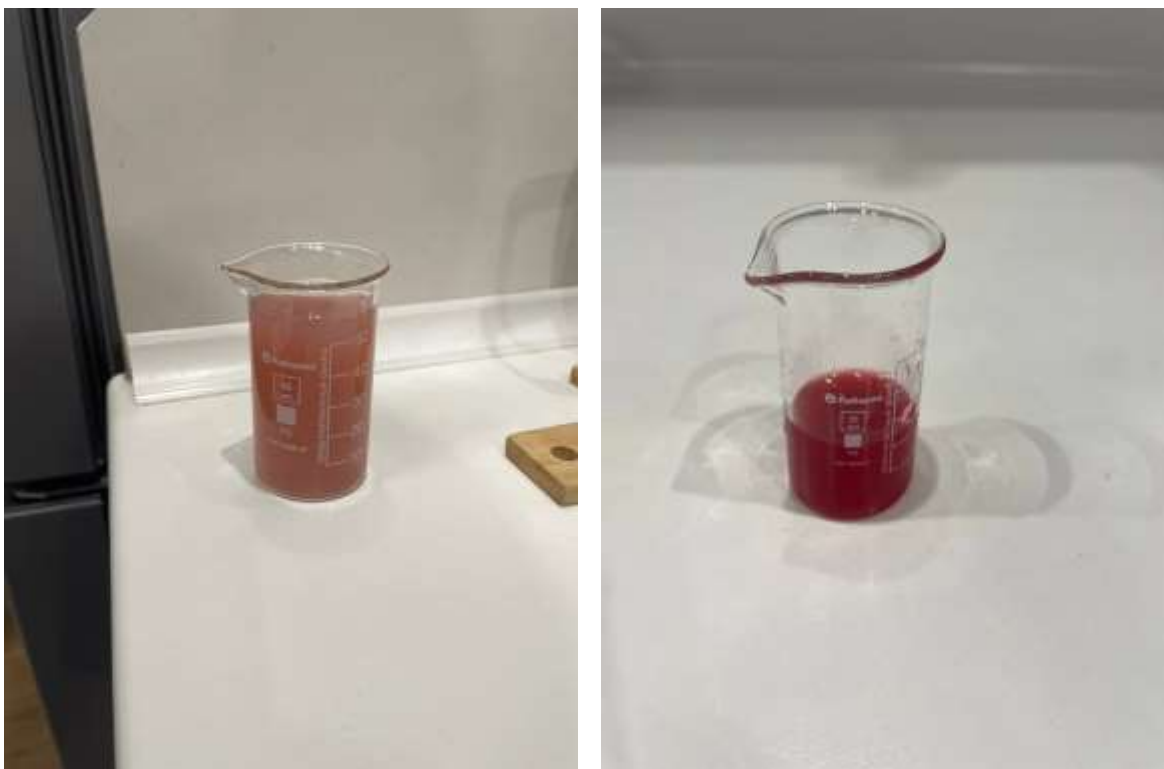
Рис 2.3 – ягоды с мелом



Рис 2.4 – фильтрация индикаторов



Рис 2.5 – индикатор из винограда и индикатор из клюквы



**Рис 2.6 – индикатор из винограда
(1 - щелочная среда, 2 - нейтральная среда, 3 - кислая среда)**



Рис 2.7 – индикатор из клюквы
(1 – щелочная среда, 2- нейтральная среда, 3 – кислая среда)



Рис 2.8 – чашки петри с раствором альгината
1 – пленка с индикатором из винограда, 2 – пленка с индикатором из клюквы



Рис 2.9 – готовые пленки с индикатором из клюквы в разной среде
1 – щелочная среда, 2 – нейтральная среда, 3 – кислая среда.

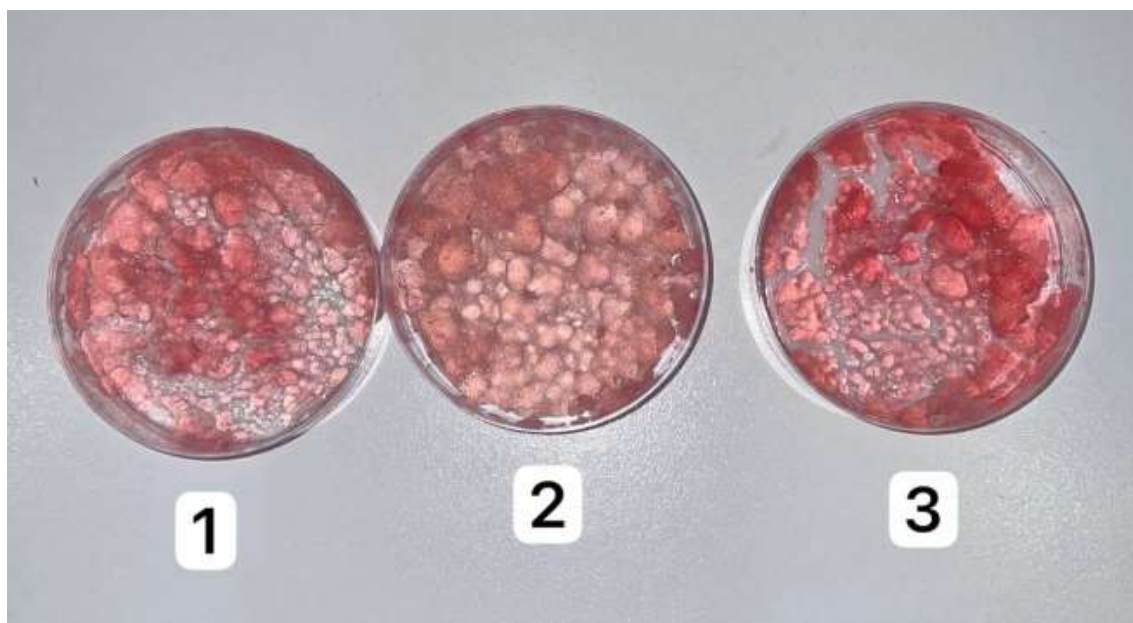


Рис 2.10 – готовые пленки с индикатором из винограда в разной среде
1 – щелочная среда, 2 – нейтральная среда, 3 – кислая среда

